Travaux publics Canada
Services d'architecture et de génie

Public Works Canada
Architectural and Engineering Services

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Évaluation de l'éclairage

Document D10

Canada

Série sur l'évaluation du rendement des immeubles

Évaluation de l'éclairage

Document D10

SAG 1-4:86-30

mars 1988

La série de publications du projet de documentation générique a été développée par la Division du rendement des immeubles du Service de technologie, Travaux publics Canada, Administration centrale, Ottawa, Canada K1A 0M2.

Le ministre des Travaux publics ne fait aucune recommandation ni n'offre aucune garantie, expresse ou implicite, relativement à la présente publication ou aux programmes ou à l'information qu'elle renferme, à leur qualité, à leur aptitude à la commercialisation, à leur adaptation à tout usage particulier ou à leur capacité à produire un résultat donné. En aucun cas, le Ministre ou Sa Majesté la Reine du chef du Canada, ses employés ou agents ne sont responsables de par la loi de tout dommage résultant directement ou indirectement de l'utilisation de ladite publication ou des programmes ou de l'information qu'elle contient.

Publication des Services d'architecture et de génie
Travaux publics Canada

Travaux publics Canada | Public Works Canada

FICHE SIGNALÉTIQUE DE DOCUMENT

1. Titre du document ÉVALUATION DE L'ÉCLAIRAGE	2. Numéro de contrôle AES/SAG 1-4:86-30
	3. Date mars 1988
4. Auteur(s) I. Pasini	5. No de réf. du conseil
6. Chargé de projet	7. No de la collection technique D10
8. Nom et adresse de l'organisme rédacteur Division du rendement des immeubles, T.P.C. Local C-548, Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Téléphone: (613) 998-7830	9. Type de document Lignes directrices
	10. Nombre de pages 203
11. Nom et adresse de l'organisme promoteur Technologie du design, de la construction et de l'immobilier Programmes de soutien à la gestion immobilière fédérale Logement	12. No de dossier de TPC A4270-16
	13. No de projet de TPC 602055
14. Notes Toutes questions ou commentaires doivent être dirigés à l'organisme rédacteur, se référer à 8 ci-haut.	15. No de publication de ASC
	16. ISBN

17. Résumé

Ce document renferme les méthodes d'évaluation des espaces éclairés d'immeubles à bureaux. Il traite des espaces intérieurs et extérieurs du l'éclairage électrique et naturel, et présente les techniques d'analyse connexes. Dans les trois étapes d'évaluation, on tient compte des aspects quantitatifs et qualitatifs.

Voici les sujets abordés : l'efficacité des sources de lumière, les facteurs de réflexion et de transmission des matériaux, les études de luminance et d'éclairement, les problèmes de l'éclairage naturel et les études connexes, le contraste, la performance visuelle, les techniques de commande de l'éclairage, l'entretien, les zones à terminaux à écran de visualisation, les études de la consommation d'énergie, les données photométriques, les essais en laboratoire et l'éclairage de secours.

Les annexes renferment toutes les méthodes d'étude détaillées ainsi que des exemples et des tableaux de référence.

18. Diffusion Exemplaires disponibles: Centre de documentation Services d'architecture et de génie Travaux publics Canada Édifice Sir Charles Tupper Promenade Riverside Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Mots clés	
	20. No de catalogue du centre de documentation BP D10f	21. Prix

Public Works Canada / Travaux publics Canada

DOCUMENT DATA

1. Document Title ILLUMINATION EVALUATION	2. Control Number AES/SAG 1-4:86-30
	3. Date March 1988
4. Author(s) I. Pasini	5. Consultant's Ref. No.
6. Project Manager	7. Discipline Series No. D10
8. Preparation Agency and Address Building Performance Division, Public Works Canada Room C-548, Sir Charles Tupper Building Riverside Drive, Ottawa, Ontario, K1A 0M2 Telephone: (613) 998-7830	9. Document Type Guideline
	10. No. of Pages 198
11. Sponsoring Agency and Address D.C. and R.T. Appropriated Programs Accommodation Branch	12. PWC File No. A4270-16
	13. PWC Project No. 602055
14. Supplementary Notes Questions and comments should be directed to the preparation agency, in 8 above.	15. SSC Publication No.
	16. ISBN

17. Abstract

This document provides methods for assessing the illuminated environment of office buildings. Interiors, exteriors, electric lighting and daylighting are all discussed with techniques given for their analysis. The three stages of assessment described are discussed in terms of both quantity and quality issues.

Issues addressed include: light source efficacy, reflectance and transmittance of materials, luminance and illuminance surveys, daylighting issues and surveys, contrast, visual performance, lighting control strategies, maintenance, VDT areas, energy audits, photometric data, laboratory testing, and emergency lighting.

The appendices contain detailed survey methods along with examples and reference tables.

18. Distribution Statement Copies are available from: Documentation Centre Architectural & Engineering Services Public Works Canada Sir Charles Tupper Bldg., Riverside Dr. Ottawa, Ontario K1A 0M2	19. Keywords	
	20. Documentation Centre Catalogue No. BP D10e	21. Price

TABLE DE MATIÈRES

1.	**INTRODUCTION**	1
1.1	Buts et objectifs	1
1.2	Historique	1
2.	**PORTÉE**	3
2.1	Cadre général	3
2.2	Limitation des techniques d'évaluation	3
3.	**MÉTHODE**	5
3.1	Phase I – Évaluation préliminaire	5
3.1.1	Description de la technique	5
3.1.2	Matériel et matériaux	5
3.1.3	Procédures détaillées	5
3.1.3.1	Étude des dessins et des dossiers	5
3.1.3.2	Visite de l'immeuble	8
3.1.4	Procédure d'évaluation	10
3.1.4.1	Évaluation quantitative de l'éclairage électrique	10
3.1.4.2	Évaluation quantitative de l'éclairage naturel	10
3.1.4.3	Évaluation qualitative de l'éclairage électrique et de l'éclairage naturel	11
3.1.5	Main–d'oeuvre et durée	12
3.2	Phase II – Simples techniques de mesure	12
3.2.1	Description des techniques	12
3.2.2	Matériel et matériaux	13
3.2.3	Procédures détaillées	13
3.2.3.1	Quantité de lumière – Efficacité lumineuse	13
3.2.3.2	Quantité de lumière – Niveaux d'éclairement	13
3.2.3.3	Quantité de lumière – Facteurs d'uniformité de l'éclairement	14
3.2.3.4	Quantité de lumière – Facteur moyen de lumière du jour	14
3.2.3.5	Qualité de la lumière – Facteurs de réflexion et de transmission	14
3.2.3.6	Qualité de la lumière – Luminance des surfaces	14
3.2.3.7	Qualité de la lumière – Rapports de luminance	15
3.2.3.8	Qualité de la lumière – Intensité lumineuse de la source de lumière	15
3.2.3.9	Qualité de la lumière – Contraste	15
3.2.3.10	Qualité de la lumière – Rendement visuel	15
3.2.3.11	Qualité de la lumière – Stratégies de commande de l'éclairage	16
3.2.3.12	Qualité de la lumière – Programme de maintenance de l'éclairage	16
3.2.3.13	Qualité de la lumière – Zones à terminaux à écran de visualisation	17
3.2.3.14	Vérification de la consommation d'énergie de l'immeuble	18

3.2.4	Procédures d'évaluation	18
3.2.4.1	Évaluation quantitative de l'éclairage électrique et de l'éclairage naturel	18
3.2.4.2	Évaluation qualitative de l'éclairage électrique et de l'éclairage naturel	18
3.2.4.3	Vérification de la consommation d'énergie de l'immeuble	19
3.2.5	Main-d'oeuvre et durée	19
3.3	Phase III – Techniques spécialisées de contrôle exhaustif	19
3.3.1	Description des techniques	19
3.3.2	Matériel et matériaux	20
3.3.3	Procédure détaillée	20
3.3.3.1	Profils d'occupation exacts	20
3.3.3.2	Paramètres du rendement visuel	20
3.3.3.3	Relevés sophistiqués de la luminance	20
3.3.3.4	Études complexes des environnements à écrans de visualisation	21
3.3.3.5	Études complexes prolongées de l'éclairage naturel	21
3.3.3.6	Évaluation de l'éclairage naturel au moyen de modèles	22
3.3.3.7	Essais et analyses photométriques	22
3.3.3.8	Études pilotes	23
3.3.4	Procédure d'évaluation	23
3.3.4.1	Évaluation quantitative de l'éclairage naturel et de l'éclairage électrique	23
3.3.4.2	Évaluation qualitative de l'éclairage électrique et de l'éclairage naturel	24
3.3.5	Main-d'oeuvre et durée	24
4.	**DOCUMENTS DE RÉFÉRENCES**	25
5.	**ANNEXES**	26
5.1	Termes normalisés et unités de mesure	26
5.2	Normes de référence et lignes directrices	29
5.3	Tableaux d'éclairage	37
5.3.1	Introduction	37
5.3.2	Tableaux de luminance	37
5.3.3	Finis des locaux	39
5.3.4	Tableaux de données techniques types des lampes	40
5.3.5	Caractéristiques de fonctionnement de sources de lumières types	64
5.3.6	Couleurs et rendu des couleurs	81
5.4	Relevés d'éclairement et de luminance	84
5.4.1	Mesures sur le terrain	84
5.4.2	Relevés de l'éclairage électrique d'intérieur	85
5.4.3	Relevés de l'éclairage électrique de l'extérieur	103
5.5	Relevés des facteurs de réflexion et de transmission	107
5.6	Étude de l'environnement et du fonctionnement des luminaires	113
5.7	Éclairage des bureaux équipés de terminaux à écrans de visualisation	120
5.8	Relevés d'éclairage naturel	122

5.9	Étude des tâches visuelles	148
5.10	Relevé d'éclairage de secours	151
5.11	Relevé de l'éclairage des sorties	153
5.12	Étude de la gestion de l'énergie d'éclairage	156
5.13	Étude de la maintenance de l'éclairage	180
5.14	Vérification de la consommation d'énergie	194
5.15	Rapports photométriques, liste de laboratoires	197
5.16	Études assistées par ordinateur et par modélisation	200
5.17	Liste des documents d'évaluation du rendement des immeubles	203

LISTES DES FIGURES

5.2.1	Facteurs de pondération qui doivent être pris en consideration pendant la sélection d'un éclairement particulier dans les plages pour chaque catégorie	36
5.3.1	Luminances préférées des murs	38
5.3.2	Luminances préférées des plafonds	38
5.3.3	Plage recommandée du facteur de réflection des murs	40
5.3.4	Lampes universelles, tensions de 115, de 120 et de 125 volts	41
5.3.5	Lampes pour service dur, tensions de 115, de 120 et de 130 volts	43
5.3.6	Lampes à incandescence pour service prolongé (durée de vie nominale 2500 heures) + E	44
5.3.7	Lampes résistant aux vibrations, tensions de 120 et de 130 volts	45
5.3.8	Lampes à halogène pour éclairage général (toute position de fonctionnement sauf indication contraire)	46
5.3.9	Caractéristiques des réflecteurs des lampes R, ER et PAR pour une tension de 120 volts	49
5.3.10	Lampes fluorescentes économes d'énergie	53
5.3.11	Lampes fluorescentes types à cathode chaude (à allumage rapide) a	54
5.3.12	Lampes fluorescentes compactes	58
5.3.13	Lampes fluorescentes types à allumage instantané à cathode froide	59
5.3.14	Lampes fluorescentes types à cathode chaude (à préchauffage) a	60
5.3.15	Exigences d'alimentation des lampes fluorescentes	62
5.3.16	Quelques caractéristsiques de fonctionnement de lampes à incandescence types	64
5.3.17	Caractéristiques de fonctionnement de lampes à halogène types	65
5.3.18	Caractéristiques de fonctionnement de lampes fluorescentes types	67
5.3.19	Caractéristiques de fonctionnement de lampes à mercure types caractéristiques d'ordre électrique des lampes à décharge à haute intensité	70
5.3.20	Caractéristiques de fonctionnement de lampes aux halogènures types	74
5.3.21	Caractéristiques de fonctionnement de lampes à sodium à haute pression types	76
5.3.22	Données relatives aux lampes à décharge à haute intensité	78
5.3.23	Caractéristiques de fonctionnement de lampes à sodium à barre pression types	80
5.3.24	Comparaison du rendement des réflexions mutuelles de surfaces de couleur et neutres ayant le même facteur de réflection	82
5.4.1	Points de mesure pour le relevé de l'éclairement de phase I	87

5.4.2	Points de mesure pour le relevé de l'éclairement de la cibile visuelle de phases II et III	97
5.4.3	Quadrillage de mesure pour terrain de stationnement	106
5.5.1	Mesures du facteur de réflection	107
5.8.1	Détermination de la pénétration de la lumiere solaire directe à l'aide d'abaques d'ensoleillement pour un endroit situé à 50° de latitude nord pour phases I et II	126
5.8.2	Détermination des zones à lumière du jour	127
5.8.3	Angle de visibilité du ciel (o)	128
5.8.4	Point d'occulation du ciel	128
5.8.5	Quadrillage de mesure du facteur de lumière du jour	130
5.8.6	Abaque d'ensoleillement : latitude nord 40°	144
5.8.7	Abaque d'ensoleillement : latitude nord 44°	145
5.8.8	Abaque d'ensoleillement : latitude nord 48°	146
5.8.9	Abaque d'ensoleillement : latitude nord 52°	147
5.11.1	Signes de sortie approvés par le Commissaire des incendies du Canada	154
5.11.2	Signes de sortie approuvés par le CNB	154
5.11.3	Signes de sortie approuvés par le DDN	155
5.12.1	Immeuble type – calcul du buget d'éclairage	176
5.13.1	Effet de la perte de flux lumineux sur le niveau d'éclairement	182

LISTE DES TABLEAUX

5.2.1	Catégories d'éclairement et valeurs d'éclairement pour activités générales d'intérieur	34
5.2.2	Espaces intérieurs commerciaux, hospitaliers, correctionnels, résidentiels et réunion publique	35
5.3.1	Rapports de luminance recommandés	37
5.3.2	Luminances ambiantes recommandés	37
5.3.3	Luminances maximales des luminaires	37
5.3.4	Rapports d'éclairement recommandés	39
5.3.5	Facteur moyen de réflexion recommandé d'un local	39
5.3.6	Indices de rendu des couleurs recommandés	81
5.3.7	Caractéristiques de couleurs et de rendu des coleurs des sources de lumière courantes	83
5.4.1	Tableau pour le relevé de l'éclairement de phase I	86
5.4.2	Relevé de l'éclairement de cible visuelle de phases II et III	98
5.4.3	Mesures de luminance ambiante	99
5.4.4	Niveaux moyens recommandés d'éclairement minimal maintenu des terrains de stationnement	105
5.4.5	Niveaux moyens recommandés d'éclairement minimal maintenu des voies pour piétons	105
5.5.1	Facteurs de réflexion moyens recommandés pour un local	108
5.5.2	Indice de dépréciation due à la saleté des vitres	110
5.5.3	Facteurs de réflexion et de transmission des matériaux	111
5.6.1	Proprits des finis	117
5.6.2	Proprits des plastiques utilisés en éclairage	119

5.8.1	Pourcentages de vitrage nécessaires pour un facteur moyen de lumière du jour de 2 %	123
5.8.2	Disponibilité d'éclairement (lux) horizontal extérieur pour certaines villes au Canada	125
5.8.3	Composante réfléchi interne minimale du facteur de lumière du jour	131
5.8.4	Constante "v" de la composante réfléchie interne	132
5.8.5	Constante "e" de la composante réfléchie interne	132
5.8.6	Plages satisfaisantes des luminances ambiantes	133
5.8.7	Valeurs de luminance maximales	133
5.9.1	Catégories des tâches et niveaux d'éclairage de référence	149
5.9.2	Corrections des éclairements de référence selon le facteur de réflexion du fond et l'age du travailleur	150
5.12.1	Considérations relatives à l'écairage et suggestions de gestion de l'énergie	158
5.12.2	Bilan de puissance d'éclairage pour espaces intérieurs	167
5.12.3	Bilan de puissance d'éclairage pour espaces extérieurs	168
5.12.4	Surperficie autorisée – poste de travail	168
5.13.1	Taux de défaillance types des lampes fluorescentes F40 utilisés 3650 heures/année	183
5.13.2	Taux de défaillance types des ballasts utilisés 4000 heurs/année	183
5.13.3	Produits de nettoyage recommandés selon le matériau pour la maintenance de l'éclairage	184
5.13.4	Dépannage des systemes d'éclairage	184

1. INTRODUCTION

1.1 BUT ET OBJECTIFS

Le but principal du présent document est de présenter un ensemble de méthodes d'évaluation de l'environnement lumineux à l'intérieur et à l'extérieur d'immeubles à bureaux de la Couronne types.

Les éclairages électrique et naturel sont traités individuellement ou ensemble selon les techniques et méthodes disponibles pour leur analyse.

Le présent document peut être utilisé pour évaluer le rendement de systèmes d'éclairage (y compris de l'éclairage naturel) en ce qui concerne les paramètres quantitatifs et qualitatifs jugés importants par les autorités législatives, les professionnels de bâtiment et les utilisateurs des immeubles et faisant partie des paramètres ergonomiques des bureaux modernes.

L'évaluation se fait en trois phases :

a) évaluation préliminiaire;
b) simples techniques de mesure;
c) techniques spécialisées de contrôle exhaustif.

Ces phases sont expliquées en détail et portent tant sur l'éclairage électrique que sur l'éclairage naturel.

1.2 HISTORIQUE

Les systèmes d'éclairage sont conçus pour assurer la quantité et la qualité de lumière convenant à la nature variée et dynamique des nombreuses activités qui ont lieu dans les espaces à bureaux.

Les critères d'évaluation de l'éclairage utilisés dans le présent document sont dérivés d'un ensemble de connaissances mondiales scientifiques et pratiques. Bien qu'il y ait encore beaucoup de lacunes dans notre connaissance de l'organe visuel des humains, notre aptitude à éclairer un espace de façon satisfaisante est assez bonne dans la mesure où l'on tient compte des besoins physiques et psychologiques des occupants.

Par conséquent, il faut préparer et réaliser une conception appropriée de l'éclairage, suivie d'une phase de mise en service et d'un programme de maintenance de l'éclairage destiné à maintenir le système d'éclairage en bon état de fonctionnement et à l'adapter aux changements des espaces à bureaux. La conception d'un système d'éclairage est un processus complexe où interviennent des facteurs esthétiques et humains ainsi que techniques et elle se rapporte aux disciplines qui influent sur l'installation, le fonctionnement et le rendement du système d'éclairage. Elle doit également tenir compte des facteurs économiques et des questions relatives à l'entretien et, aspect le plus important, elle nécessite la connaissance des besoins de l'occupant et l'aptitude à y

satisfaire de la meilleure façon possible. Le présent document a une teneur non disciplinaire et ne s'occupe pas de la grande variété de questions qui se rapportent aux environnements lumineux. Il incombe au lecteur d'obtenir de l'information multidisciplinaire et de ne pas tirer de conclusions basées exclusivement sur des perspectives non disciplinaires. Cette information multidisciplinaire peut être fournie par d'autres documents de la classe D.

2. PORTÉE

2.1 CADRE GÉNÉRAL

Les méthodes d'évaluation que renferme le présent document présentent deux aspects de base. D'une part, l'aspect quantitatif porte sur l'évaluation du rôle que jouent l'éclairage électrique et (ou) l'éclairage naturel dans l'éclairage des postes de travail et espaces de soutien à l'intérieur de l'immeuble et à des emplacements particuliers à l'extérieur. Cet aspect constitue le critère de la conformité au Code canadien du travail et à d'autres codes nationaux ou régionaux visant à évaluer la sécurité et (ou) le rendement énergétique des lieux de travail. D'autre part, l'aspect qualitatif porte sur l'évaluation de l'effet d'un éclairage de qualité sur l'environnement de l'occupant d'un bureau.

Le texte ci-après porte sur l'analyse d'un système d'éclairage en trois phases distinctes :

La phase I, Évaluation préliminaire, concerne la collecte de données sur la conception, la mise en service et le fonctionnement des systèmes d'éclairage de l'immeuble ainsi que de simples mesures ponctuelles et l'information obtenue au cours d'une visite d'expert de l'immeuble. Cette étape peut comprendre quelques brèves entrevues avec des occupants de l'immeuble.

La phase II, Simples techniques de mesure, concerne une étude et des mesures exhaustives des paramètres d'éclairage de base tels éclairement, luminance, facteurs de réflexion, paramètres électriques et thermiques à des emplacements particuliers s'il y a lieu.

La phase III, Techniques spécialisées de contrôle exhaustif, implique la collecte et l'analyse de données exigeant des ressources spécialisées n'existant pas normalement dans la juridiction régionale (par exemple, des données sur le contraste, le rendement visuel, la répartition spectrale d'énergie, des relevés exhaustifs de l'éclairage naturel).

Tous les documents de référence et toutes les descriptions détaillées destinées aux relevés et à l'utilisation des outils d'analyse figurent aux annexes.

2.2 LIMITATION DES TECHNIQUES D'ÉVALUATION

Bien qu'on ait veillé à utiliser les meilleurs outils d'analyse disponibles pour évaluer l'environnement lumineux, il existe encore de nombreuses lacunes dans notre connaissance de ce qui constitue les quantité et qualité optimales de l'éclairage d'un espace, compte tenu des exigences courantes de nature ergonomique et visuelle et des contraintes économiques et matérielles. Les techniques présentées ici devraient permettre à l'utilisateur d'évaluer avec un degré de précision acceptable les caractéristiques principales de l'environnement visuel et d'empêcher, ou d'aider à corriger, les problèmes courants. Le présent document sera mis à jour en fonction des progrès de la recherche dans le domaine visuel, ce qui entraînera la modification de certaines prescriptions formulées ici.

Voici les concepts avec leurs limitations tels qu'ils sont utilisés dans le présent document :

1. **Facteur de réflexion**, basé sur la répartition de Lambert;
2. **Plage de luminance et rapports de luminance**, basés sur des études empiriques sur le terrain de la réaction de l'observateur à divers niveaux et rapports de luminance. Des études supplémentaires sont nécessaires avant qu'on puisse mettre en application de nouvelles recommandations;
3. **Plages d'éclairement**, basées sur la connaissance des caractéristiques de la tâche visuelle, des caractéristiques physiologiques de l'observateur qui influent sur sa vision et del'effet du type d'ameublement et de sa disposition;
4. **Rendement visuel relatif**, basé sur les recherches récentes eten cours à l'IRC du CNRC à Ottawa et limité aux caractères alphanumériques monochromes sans dégradation notable de leur lisibilité;
5. **Facteur de lumière du jour**, basé sur les données méthodologiques disponibles et sur la précision des techniques de modélisation matérielle et de simulation par ordinateur;
6. **Utilisation de l'éclairage naturel**, basée sur la technologie de construction et les pratiques d'entretien courantes des bâtiments;
7. **Intégration de l'éclairage naturel**, obtenue au moyen de capteurs et commandes à action réellement proportionnelle, sensibles à l'intensité du flux lumineux disponible pour la tâche.

Les questions relatives à l'optimisation de la consommation et de la gestion d'énergie sont importantes mais ne sont pas traitées de façon exhaustive.

3. MÉTHODE

3.1 PHASE I – ÉVALUATION PRÉLIMINAIRE

3.1.1 Description de la technique

Cette phase implique l'acquisition d'une connaissance de première main du niveau d'éclairage, des sources d'éblouissement gênant, de l'utilisation appropriée des ressources disponibles et du fonctionnement des systèmes de commande. Au cours de cette phase, on peut identifier la plupart des caractéristiques d'exploitation de l'immeuble ainsi que les problèmes réels ou potentiels.

La procédure comporte deux éléments :

a) **un examen des dessins et des dossiers** (y compris des dossiers demise en service s'ils sont disponibles);
b) **une visite de l'immeuble** pour faire des observations sur place et prendre de simples mesures ponctuelles.

L'ordre et la pondération de ces éléments peut varier selon les conditions.

3.1.2 Matériel et matériaux

Voici le matériel et les matériaux nécessaires pour obtenir les renseignements des dessins et de la visite de l'immeuble :

- règle d'architecte et dessins accompagnés de remarques;
- calculatrice;
- rapporteur et abaques d'ensoleillement;
- luxmètre/luminancemètre (Litemete, Spotmate 501 ou l'équivalent)
- tableau de facteurs de réflexion étalons;
- ruban à mesurer;
- appareil Polaroid;
- formulaires d'observation préparés;
- bloc–notes;
- documents de référence (Règlement du Canada sur l'hygiène et la sécurité au travail, normes TPC, IES Handbooks, etc.)

3.1.3 Procédures détaillées

3.1.3.1 Étude des dessins et des dossiers

Recueillir l'information avant de visiter l'immeuble; cette information consistera en une collection de tous les documents ayant trait à la conception, au fonctionnement et à la maintenance du système d'éclairage. Les documents suivants constituent la base de cette collection.

1. énoncé de projet et mémoire à l'expert–conseil;

2. jeu de plans d'architecte et de schémas des installations mécaniques et électriques de l'ouvrage fini et spécifications;
3. schémas d'aménagement et d'implantation fournis par le locataire;
4. documentation relative à la mise en service;
5. dossiers relatifs à l'exploitation et à l'occupation;
6. dossier relatif à l'entretien;
7. dossier des plaintes des locataires.

L'étude de ces documents peut procurer l'information ci-dessous.

Énoncé de projet et mémoire à l'expert-conseil

Ces documents sont généralement disponibles pour les immeubles plus récents.

L'énoncé de projet décrit les exigences du client tandis que le mémoire à l'expert-conseil instruit ce dernier de faire la conception en fonction de ces exigences. Ces documents permettent d'obtenir les informations suivantes :

1. description des activités prévues dans l'immeuble;
2. description du type d'espace requis et de leur utilisation, éventuellement avec des indications sur les exigences ou changements futurs;
3. exigences fonctionnelles particulières;
4. caractéristiques souhaitables tant du point de vue fonctionnel que du point de vue esthétique;
5. type et densité d'occupation, horaires d'occupation et expansions envisagées s'il y a lieu;
6. description des exigences de matériel et de logiciel;
7. description de l'intégration des systèmes de l'immeuble;
8. description des fonctions de commande manuelle/automatique et de contrôle;
9. description des exigences d'éclairage naturel s'il y a lieu.

Plans d'architecte, schémas des installations mécaniques et électriques

L'information à recueillir sera basée sur les dessins de l'ouvrage fini, qui peuvent fournir les renseignements suivants :

Plan d'architecte

1. emplacement et orientation de l'immeuble;
2. dimensions de l'immeuble;
3. obstructions extérieures ombrageantes (existantes et planifiées) et leurs caractéristiques;
4. disposition, orientation, dimensions et accessibilité des fenêtres dans les zones de travail;
5. configuration et vitrage des fenêtres et dispositifs de protection contre la lumière;

Schémas des installations mécaniques

6. systèmes de ventilation mécanique, leur zonage et leur commande;

7. intégration au système CVCA ou dépendance de l'énergie dissipée par l'éclairage naturel ou électrique; (ceci n'est pas toujours évident autant que c'était extrait de l'équipe de dessin original).

Schémas des installations électriques

8. moyens d'éclairage électrique et d'éclairage naturel;
9. zones d'éclairage;
10. Sources de lumière;
11. intégration de l'éclairage électrique et de l'éclairage naturel;
12. systèmes de commande de l'éclairage.

Schémas d'aménagement et d'implantation fournis par le locataire

Ces schémas peuvent fournir les informations suivantes :

1. type d'ameublement et sa disposition;
2. emplacement, dimensions et facteurs de réflexion des plafonds, murs et cloisons;
3. type de plancher et son facteur de réflexion;
4. facteurs de transmission et de réflexion des rideaux;
5. identification et personnalisation des zones de travail;
6. exigences des installations techniques de l'immeuble et leurs caractéristiques fonctionnelles et esthétiques.

Documentation relative à la mise en service des systèmes d'éclairage

Cette documentation fournit les informations suivantes :

1. information sur le fonctionnement et le rendement des systèmes d'éclairage intérieur, extérieur et de secours;
2. information sur le fonctionnement des commandes d'éclairage manuelles et automatiques;
3. caractéristiques de fonctionnement et de commande des zones d'éclairage;
4. installation et fonctionnement des lampes, des ballasts et d'autres éléments de luminaires.

Dossiers relatifs au fonctionnement et à la maintenance

Ces dossiers sont intimement liés l'un à l'autre et fournissent les informations suivantes :

Fonctionnement

1. nature dynamique des exigences d'exploitation de l'immeuble;
2. mesure dans laquelle le système de commande de l'éclairage répond aux besoins réels;
3. mesure dans laquelle le système d'éclairage s'adapte aux besoins changeants;
4. charge d'éclairage et effet sur le profil énergétique de l'immeuble;

Maintenance

Ce dossier peut fournir les informations suivantes :

5. durée et qualité du fonctionnement de tous les systèmes d'éclairage de l'immeuble et de leurs commandes;
6. taux de défaillance et emplacement des appareils d'éclairage;
7. données utiles au maintien et à la mise en application des garanties;
8. données utiles à la mise à jour des systèmes (économie d'énergie).

Dossier des plaintes du locataire

Ceci est généralement fournit par le gérant d'immeuble.

Ce dossier fournit des informations très utiles :

1. information sur la quantité et la qualité observées de l'éclairage;
2. mesure dans laquelle le système répond aux besoins des occupants (p.e. type et location des controls);
3. présence d'éblouissement gênant, d'ombrages marqués, de papillotement des lumières et de bruit des ballasts;
4. manque d'accès ou besoin d'accès aux fenêtres;
5. problèmes de rendu des couleurs;
6. problèmes de nature thermique;
7. autres, comme la dégradation due à l'infrarouge ou à l'ultraviolet, la reconnaissance des couleurs, etc.

3.1.3.2 Visite de l'immeuble

La visite de l'immeuble permet une évaluation rapide, logique, peu coûteuse et tout de même judicieuse de l'environnement lumineux et de son interaction avec les autres systèmes de l'immeuble. D'une part, elle permet de vérifier et de raffiner les observations faites à partir de l'étude des dessins et des dossiers; d'autre part, elle pointe vers des méthodes d'étude plus détaillées pour des mesures ultérieures. La visite consiste normalement en un tour guidé organisé par l'entremise du gérant d'immeuble responsable de TPC et vise toutes les zones de l'immeuble.

Il est à noter que les observations doivent tenir compte du caractère dynamique de l'immeuble étant donné les variations journalières et saisonnières.

Voici les objectifs de la visite :

Objectifs relatifs à l'éclairage naturel

1. observation des conditions existantes des espaces et surfaces de travail;
2. identification de la fonction réelle de l'éclairage naturel et de l'adaptation à cet éclairage;
3. évaluation du facteur de lumière du jour et de la pénétration de la lumière du jour dans les zones pertinentes de l'immeuble;
4. identification des cas où la lumière du jour a été utilisée avec succès et de ceux où elle a contribué à des problèmes dans le domaine visuel ou à d'autres problèmes;
5. simples mesures ponctuelles de luminance et d'éclairement prises à des emplacements types et dans le cas de problèmes observés;

6. observation des conditions de maintenance relatives à la lumière du jour;
7. analyse des profils d'occupation et d'usage pour établir la gamme de tâches visuelles et l'emplacement où elles sont effectuées par rapport aux sources de lumière du jour;
8. évaluation de la mesure dans laquelle l'utilisateur est satisfait des conditions d'éclairage au moyen d'un examen de toute l'information pertinente recueillie. Si une étude supplémentaire est indiquée, envisager la mise au point d'une liste de contrôle pour la conception d'un questionnaire;
9. marquage des zones problèmes sur les dessins de l'immeuble et au besoin du type de plainte;

Objectifs relatifs à l'éclairage électrique

10. identification de l'emplacement, du zonage et de la commande des luminaires relativement aux sources de lumière du jour (le cas échéant);
11. identification et classification des usages de l'immeuble du point de vue des exigences visuelles;
12. identification des zones de travail ayant des exigences visuelles courantes;
13. identification des montages et de l'utilisation d'interrupteurs adaptés aux besoins locaux;
14. identification des problèmes dus au type et à la disposition inhabituels de l'ameublement ou aux besoins du locataire ou encore aux limitations du réseau d'éclairage.
15. conformité des niveaux d'éclairage aux règlements de Travail Canada, à la norme TPC sur l'éclairage des bureaux et aux lignes directrices de l'IESNA;
16. identification des zones où la luminance est trop faible ou trop forte;
17. identification des surfaces à facteur de réflexion très faible ou très élevé;
18. identification de toute forme d'éblouissement;
19. identification du gaspillage d'énergie dû à des capacités de commande inappropriées ou insuffisantes ou à l'utilisation de sources de lumière inefficaces;
20. identification du gaspillage d'énergie dû à une mauvaise adaptation des zones de commande d'éclairage aux niveaux d'occupation.
21. identification des plaintes liées directement ou indirectement à l'éclairage (par exemple, mauvaise attitude du corps due aux conditions d'éblouissement).

Questions relatives aux mesures

Ces mesures s'appliquent à la visite de l'immeuble et sont généralement des **mesures ponctuelles** d'espaces intérieurs/extérieurs pour vérifier la conformité aux normes existantes ou des **mesures de zone** lorsque l'emplacement exact des postes de travail n'est pas connu.

Les différentes mesures qui peuvent être relevées sont indiquées ci-dessous, tandis qu'une description détaillée figure aux annexes spécifiées.

Types de mesures requis en phase I		
Description	Instrument	Annexe
Éclairement	Luxmètre	5.4
Luminance	Luminancemètre	5.4
Facteurs de réflexion et de transmission	Luxmètre ou tableaux de facteurs de réflexion	5.5
Facteur moyen de lumière du jour	Luxmètre	5.8
Contraste des terminaux à écran de visualisation	Luminancemètre	5.7
Paramètres électriques	Multimètre	5.6, 5.12, 5.14

3.1.4 **Procédure d'évaluation**

3.1.4.1 Évaluation quantitative de l'éclairage électrique

- La combinaison des résultats de l'étude des plans et dossiers et de la visite de l'immeuble peut fournir une mesure préliminaire de la quantité de lumière.
- Vérifier les niveaux d'éclairage pour voir s'ils sont conformes aux exigences pertinentes du règlement rédigé en vertu du Code canadien du travail et aux normes TPC, aux recommandations de l'IESNA et au règlement provincial pertinent (voir annexe 5.2).
- Déterminer la charge d'éclairage connectée totale et la consommation annuelle d'énergie d'éclairage et vérifier si ellessont conformes à la publication TPC ED16500, Norme – clairage des bureaux (voir annexes 5.2 et 5.14).
- Comparer la performance du système de commande de l'éclairage avec les besoins des occupants de l'immeuble et noter tout décalage (voir annexes 5.12 et 5.14).
- Vérifier si l'éclairage de sortie et de secours est conforme au règlement rédigé en vertu du Code canadien du travail et au règlement provincial pertinent et noter tout décalage (voir annexes 5.2, 5.10 et 5.11).

3.1.4.2 **Évaluation quantitative de l'éclairage naturel**

- La combinaison des résultats de l'étude des plans et dossiers et de la visite de l'immeuble peut fournir une mesure préliminaire de l'efficacité de l'éclairage naturel.
- Sur les plans, désigner les zones d'éclairage naturel en suivant la procédure de l'annexe 5.8 et vérifier ces zones pendant la visite de l'immeuble.
- Le rapport de ces zones à l'aire utile totale donne la proportion approximative de l'énergie d'éclairage qu'on pourrait économiser au moyen de la commande programmée de l'éclairage électrique, compte non tenu de la charge CVCA, des heures d'occupation et des aspects qualitatifs de l'éclairage naturel. Si des économies sont possibles, une étude supplémentaire peut être justifiée (analyse des phases II et III).

- Les zones d'éclairage naturel facilitent également la définition des zones où l'accès à une fenêtre avec une vue peut procurer un repos visuel.
- Les observations faites sur place peuvent être utilisées pour déterminer si les configurations des postes de travail, cloisons et finis existants permettent une meilleure utilisation de l'éclairage naturel. Règle générale, les écrans placés perpendiculairement aux murs fenêtrés et finis de matériaux mats de couleur mi-claire empêchent le mieux l'éblouissement par réflexion. Dans bien des cas, on peut utiliser des cloisons vitrées. Dans le cas des terminaux à écran de visualisation, des cloisons de 1 à 1.5 m de hauteur permettent l'élimination de l'éblouissement par réflexion tout en assurant la pénétration de la lumière du jour et un contact visuel facile avec les fenêtres.
- À ce stade, évaluer brièvement le zonage et la commande des luminaires en rapport avec l'éclairage naturel pour déterminer l'adaptabilité de l'immeuble à la commande programmée (voir annexe 5.8).

3.1.4.3 Évaluation qualitative de l'éclairage électrique et de l'éclairage naturel

- La combinaison des résultats de l'étude des plans et dossiers et de la visite de l'immeuble peut procurer une mesure préliminaire de la qualité de l'éclairage.
- Vérifier si les résultats des mesures de luminance, prises dans les espaces avec et sans éclairage naturel, sont conformes aux lignes directrices (voir annexes 5.4 et 5.8).
- Identifier les sources de tout type d'éblouissement et inscrire sur les plans des bureaux des commentaires ayant trait aux correctifs (voir annexes 5.4 et 5.8).
- Identifier les environnements lumineux exigeant des considérations spéciales (p. ex. bureaux à terminaux à écran de visualisation, bureaux destinés au dessin industriel, laboratoires, bureaux de cartographie, etc.) et formuler des commentaires particuliers. Utiliser le formulaire de relevé d'éclairage de l'annexe 5.4 et identifier les exigences des tâches visuelles à l'aide de l'annexe 5.7.
- Vérifier si la hauteur des cloisons de bureaux et les caractéristiques de réflexion sont conformes aux lignes directrices (voir annexes 5.3 et 5.5).
- Vérifier si le système de commande de l'éclairage est adapté aux zones de travail qu'il dessert (voir annexes 5.8 et 5.12).
- Vérifier si les commandes d'intégration de l'éclairage naturel sont capables de détecter avec précision la lumière disponible au plan de travail (voir annexe 5.8).
- Vérifier si les commandes d'éclairage programmables permettent d'être reprogrammées rapidement et à bon marché en vue de nouveaux besoins et si elles sont d'accès et d'utilisation faciles et permettent de commander la charge sans gêner ou frustrer l'utilisateur (voir annexe 5.12).
- Analyser l'utilisation des terrains de stationnement et des espaces extérieurs pour déterminer si leurs besoins d'éclairage sont satisfaits grâce aux niveaux d'éclairage, la limitation de l'éblouissement et la commande de l'éclairage appropriés (voir annexes 5.4 et 5.12).
- Analyser la pénétration, la répartition, la commande et l'intégration de la lumière du jour pour déterminer si l'environnement lumineux est maintenu au niveau approprié correspondant aux exigences du client (voir annexe 5.8).

- Identifier des problèmes d'éblouissement éventuels à des périodes particulières de l'année, causés par des angles réduits du soleil, à l'aide de l'information pertinente disponible au service météorologique local (voir annexe 5.8).
- Identifier les techniques de gestion des fenêtres et leur utilisation et analyser leur aptitude à limiter l'éblouissement de façon commode, à bien répartir la lumière et leur facilité d'entretien; obtenir de l'information sur les pratiques d'entretien du fini du matériel et des surfaces et l'analyser pour voir si ces pratiques sont conformes aux exigences de conception.

3.1.5 Main-d'oeuvre et durée

Voici un estimé de la main-d'oeuvre nécessaire pour exécuter la phase I de l'évaluation, basé sur un immeuble ayant une aire de 10 000 m².

1. **Plans et dossiers** : 4 journées-personnes après la réception de tous les matériaux pertinents;
2. **Visite de l'immeuble** : 8 journées-personnes;
3. **Procédure d'évaluation** : 5 journées-personnes, y compris la rédaction du rapport.

3.2 PHASE II - SIMPLES TECHNIQUES DE MESURE

3.2.1 Description des techniques

Cette phase sert à procurer de l'information détaillée sur la quantité de lumière et la qualité de la lumière. Voici les paramètres mesurés :

Quantité de lumière

- efficacité lumineuse;
- niveaux d'éclairement;
- facteurs d'uniformité de l'éclairement;
- facteur moyen de lumière du jour;

Qualité de la lumière

- facteurs de réflexion et de transmission des surfaces;
- luminance des surfaces;
- rapports de luminance;
- intensité des sources de lumière;
- contraste;
- rendement visuel;
- stratégies de commande de l'éclairage;
- programme de maintenance de l'éclairage;
- zones spéciales : postes de travail à terminal à écran de visualisation.

De plus, cette phase devrait comprendre une vérification de la consommation d'énergie de l'immeuble pour déterminer si la charge connectée est acceptable et si sa gestion est efficace.

3.2.2 Matériel et matériaux

Consulter au besoin la description de la phase I. Autre matériel nécessaire :

- tableau de facteurs de réflexion étalons;
- trousse d'évaluation du rendement visuel;
- walkies-talkies;
- second luxmètre;
- thermomètre, voltmètre, ampèremètre, multimètre.

3.2.3 Procédures détaillées

3.2.3.1 Quantité de lumière – Efficacité lumineuse

L'efficacité lumineuse de toute installation d'éclairage est déterminée par le rapport entre le rendement lumineux du luminaire et la puissance totale consommée par le luminaire (y compris les pertes dans le circuit de commande et les ballasts).

Les valeurs d'efficacité lumineuse servent à déterminer et à comparer le rendement des systèmes d'éclairage installés. Voilà pourquoi il importe de savoir que l'efficacité lumineuse dépend des facteurs suivants :

- tension réelle appliquée au luminaire;
- facteur de crête de la tension/intensité;
- caractéristiques de régulation des ballasts;
- caractéristiques matérielles des lampes;
- température ambiante;
- système de commande des luminaires.

L'annexe 5.6 renferme les paramètres ambiants et de fonctionnement types, alors que l'annexe 5.3 donne les caractéristiques de fonctionnement types des diverses sources de lumière.

3.2.3.2 Quantité de lumière – Niveaux d'éclairement

On mesure normalement les niveaux d'éclairement pour déterminer s'ils sont conformes aux règlements ou codes locaux, provinciaux ou nationaux.

La précision des résultats dépend des facteurs suivants :

- type, précision, justesse et étalonnage de l'appareil de mesure utilisé ainsi que ses caractéristiques de service;
- erreurs de l'opérateur;
- stabilité thermique et électrique du système d'éclairage;
- nombre de points de mesure;
- méthodes de mesure;
- interférence de sources de lumières externes.

L'annexe 5.4 porte sur la plupart des paramètres ci-dessus.

3.2.3.3 Quantité de lumière – Facteurs d'uniformité de l'éclairement

Il s'agit des rapports de la moyenne au minimum et du maximum au minimum, qui sont utilisés comme lignes directrices pour exprimer de façon approximative les plages des niveaux d'éclairage de service.

L'annexe 5.3 les décrit en détail.

3.2.3.4 Quantité de lumière – Facteur moyen de lumière du jour

Le facteur moyen de lumière du jour est la moyenne de tous les facteurs de lumière du jour d'un espace, pondérée en fonction des zones. Il est utilisé pour établir le rapport entre le niveau d'éclairage naturel intérieur et le niveau d'éclairage extérieur correspondant, sous un hémisphère du ciel sans obstruction. À l'exception de TPC*, personne sur le continent nord-américain n'a développé de méthode globale pour l'utilisation du facteur moyen de lumière du jour. Cependant, il y a des indices qu'IESNA va l'introduire dans un proche avenir.

L'annexe 5.8 décrit les mesures pratiques du facteur de lumière du jour et du facteur moyen de lumière du jour.

3.2.3.5 Qualité de la lumière – Facteurs de réflexion et de transmission

Les facteurs de réflexion et de transmission des matériaux sont les moyens les plus courants pour commander la quantité de lumière et sa qualité (le facteur de réflexion est le moyen le plus populaire). Plus particulièrement, le facteur de réflexion est partiellement responsable de la quantité et de la qualité de la lumière réfléchie par les surfaces et comme c'est cette lumière qui est perçue par l'oeil, le facteur de réflexion est partiellement responsable de la perception visuelle de l'observateur.

Selon la simplification normalement utilisée pour les intérieurs courants à bureaux, toutes les surfaces présentent une réflexion basée sur la répartition de Lambert qui est typique des surfaces matte. Cela permet l'utilisation d'équations simples. Les répartitions complexes de la réflexion ne font pas l'objet du présent document et, s'il y a lieu, le lecteur doit obtenir de l'aide professionnelle ou des conseils d'expert (voir la liste des laboratoires d'éclairage indépendants à l'annexe 5.15).

Des mesures de facteur de réflexion doivent être relevées pour toutes les surfaces majeures qui font partie du champ visuel de l'observateur ainsi que pour les surfaces de travail. Les mesures de facteur de transmission se limitent généralement aux matériaux de vitrage, aux matériaux de traitement de fenêtres et aux diffuseurs des luminaires.

L'annexe 5.5 renferme les procédures détaillées de mesure et donne les valeurs recommandées.

3.2.3.6 Qualité de la lumière – Luminance des surfaces

La luminance des surfaces est grandement responsable du stimulus visuel de l'observateur et détermine la définition et la nature de l'éclairage de la cible et de son environnement.

---

* TPC a développé le concept d'un facteur moyen de lumière du jour de 2 % valable pour les zones d'une profondeur maximale de 6 m et correspondant à peu près au milieu des locaux. Les travaux pour développer un manuel de conception de l'éclairage naturel sont en cours.

Les mesures de luminance sont prises aux postes de travail types et dans les espaces environnants ainsi que dans les espaces de service courants.

Elles servent à déterminer si la luminance se trouve dans la plage recommandée pour un environnement visuel confortable.

L'annexe 5.4 renferme les détails, et l'annexe 5.3, les valeurs recommandées.

3.2.3.7 Qualité de la lumière – Rapports de luminance

Les rapports de luminance sont dérivés des données obtenues à l'étape précédente et servent à assurer l'équilibre lumineux de l'environnement de travail.

Voir annexes 5.3 et 5.4 pour les détails et les plages recommandées.

3.2.3.8 Qualité de la lumière – Intensité lumineuse de la source de lumière

L'intensité lumineuse se mesure du point de vue de l'observateur. La source de lumière peut être le ciel vu à travers une fenêtre ou bien un luminaire électrique visible à l'observateur ou encore une tache de lumière réfléchie par le plafond et visible à l'observateur. Ces mesures servent à identifier les sources éventuelles d'éblouissement.

Voir annexes 5.3 et 5.4 pour les instructions et les valeurs recommandées.

3.2.3.9 Qualité de la lumière – Contraste

Le contraste est un des éléments les plus importants pour la perception visuelle. En termes de mathématique, il s'agit tout simplement du rapport entre la luminance de la cible visuelle et celle du fond. Le contraste est un des éléments clés dans la détermination du rendement visuel, étudié ci-après.

3.2.3.10 Qualité de la lumière – Rendement visuel

Le rendement visuel peut se définir comme la vitesse et la précision avec lesquelles une tâche visuelle est effectuée ou, en d'autres termes, comme l'efficience de l'exécution des tâches visuelles.

Pour nos besoins, le rendement visuel se limite à la lecture d'affichages alphanumériques à caractères de taille normale (6, 8 points). Le rendement visuel dépend des facteurs suivants :

- luminance de la cible visuelle et du fond;
- contraste de la cible visuelle;
- taille de la cible visuelle;
- temps d'observation;
- âge de l'observateur;
- acuité visuelle de l'observateur;
- présence de réflexions de voile;
- attitude physique de l'observateur.

Il est évident que l'ensemble des facteurs ci-dessus constitue une barrière de taille devant l'interprétation exacte des résultats de l'évaluation du rendement visuel. Des

efforts communs entre TPC et le CNRC mettront à notre disposition une simple trousse d'évaluation du rendement visuel, capable d'analyser tous les facteurs ci–dessus au moyen d'une seule équation. La trousse et les instructions seront disponible durant le courant de l'année 1988.

3.2.3.11 Qualité de la lumière – Stratégies de commande de l'éclairage

Les commandes de l'éclairage sont utilisées pour deux fonctions de base : le confort et la commande de l'énergie.

Il est donc important de déterminer si l'un ou l'autre ou les deux s'appliquent à des zones particulières de l'immeuble.

Si la fonction principale est le confort, c'est l'interrupteur d'éclairage ordinaire qui est le dispositif le plus courant et le plus économique. Si la fonction principale est la commande de l'énergie, il faut faire une analyse technique et économique des nombreux systèmes de commande disponibles.

Voici les principaux critères d'une telle analyse :

- système de commande (p. ex. sous pleine tension ou sous tension réduite, minuterie, photocellule, infrarouge);
- points de commande (p. ex. local, à distance, par téléphone);
- fonctions (p. ex. marche/arrêt, gradins, réglage progressif);
- zone de commande (c.–à–d. dimensions de la zone commandée);
- souplesse (c.–à–d. facilité d'adaptation aux changements);
- caractéristiques propres au dispositif (c.–à–d. aptitude à accepter et à intégrer les éléments de divers fabricants);
- facilité d'utilisation (c.–à–d. limitations d'emplacement, de fonction et d'accès);
- coût (c.–à–d. par unité d'aire ou par poste de travail);
- maintenance (c.–à–d. exigences de maintenance périodique).

L'analyse de ces critères facilitera la détermination des meilleures stratégies de commande pour un immeuble donné et, si elle est intégrée à une étude de l'occupation et à une vérification de la consommation d'énergie, permettra de déterminer l'effet sur le fonctionnement des autres systèmes de l'immeuble tels que le système

CVCA et les installations électriques, ainsi que l'effet sur les frais d'énergie et de puissance.

Voir annexes 5.12 et 5.14 pour des informations sur des relevés particuliers.

3.2.3.12 Qualité de la lumière – Programme de maintenance de l'éclairage

Toutes les techniques de conception de systèmes d'éclairage présupposent des pratiques particulières de maintenance de l'éclairage et il est donc très important de connaître en détail la mesure dans laquelle ces objectifs de conception sont atteints en réalité. Si l'on ignore ces détails, le système d'éclairage présente des niveaux d'éclairage inconnus et

probablement un mauvais rendement énergétique, ce qui risque d'entraîner la non-conformité aux règlements de Travail Canada, des frais d'énergie et de puissance additionnels et l'annulation des garanties des éléments.

Tous les programmes de maintenance de l'éclairage ont les caractéristiques suivantes :

- sélection et optimisation des techniques de remplacement des lampes individuelles ou par groupes;
- selon la technique choisie ci-dessus, sélection et utilisation du personnel et du matériel appropriés;
- maintenance des niveaux requis de quantité et de qualité de lumière;
- identification et solution des problèmes;
- maintien des garanties des éléments;
- identification de la fin de la vie utile du matériel;
- identification des possibilités de mise à jour;
- identification des changements nécessaires en raison du réaménagement des bureaux.

On peut effectuer à peu de frais des études informatisées de la maintenance de l'éclairage pour garantir que la plupart des questions ci-dessus seront étudiées.

Voir annexes 5.13 et 5.16 pour de plus amples renseignements.

3.2.3.13 Qualité de la lumière – Zones à terminaux à écran de visualisation

Les terminaux à écran de visualisation peuvent généralement se classer comme

i) des terminaux interactifs; ou
ii) des terminaux d'introduction de données.

Dans le premier cas, la quantité et la qualité de la lumière sont moins critiques que dans le second cas. Cette affirmation se base sur l'observation que les opérateurs de terminaux interactifs passent généralement des travaux à la machine aux travaux classiques, ce qui procure davantage d'occasions de repos visuel.

De plus, la plupart de ces opérateurs peuvent en fait ne pas utiliser de document de référence et se fient presque totalement sur l'information écran (p. ex. programmeurs, concepteurs, opérateurs de CAO et de graphisme, téléphonistes).

Par contre, les opérateurs qui introduisent des données ont besoin d'un système d'éclairage souple, capable de procurer la gamme requise de niveaux d'éclairage dynamique selon le poste de travail.

À cette fin, on utilise un éclairage général et un éclairage ponctuel, des luminaires montés au plafond et(ou) sur des meubles et des commutateurs d'éclairage à gradins ou des gradateurs progressifs.

Les opérateurs qui introduisent des données exigent qu'on applique des principes ergonomiques pour la disposition et le fonctionnement de leur poste de travail. IESNA

prépare un document intitulé "Proposed Standard Practice for Lighting Offices Containing VDU's" (disponible en 1989). TPC prépare un standard qui sera disponible en 1989. Temporairement fait référence à l'Annexe 5.7.

3.2.3.14 Vérification de la consommation d'énergie de l'immeuble

La vérification de la consommation d'énergie de l'immeuble sert à identifier les défauts des systèmes d'éclairage dans la mesure où ils nuisent à l'aptitude du système à fournir de façon efficace la quantité requise de lumière à une cible visuelle. Il importe de réaliser que le rendement énergétique des systèmes d'éclairage dépend des pratiques de maintenance. Une mauvaise maintenance provoque des chutes excessives des niveaux d'éclairage, ce qui tend à faire augmenter la demande d'énergie d'éclairage. Il est aussi très important de tenir compte du profil d'occupation de l'immeuble dans le courant de l'année, car ce profil peut très bien indiquer des occasions d'économiser de l'énergie d'éclairage.

Il est tout aussi important de réaliser que l'énergie d'éclairage est un paramètre important qui influe sur la charge thermique de l'immeuble.

Dans la plupart des bâtiments au Canada, la contribution de l'énergie d'éclairage au chauffage du bâtiment est supérieure à sa contribution négative au refroidissement du bâtiment. Une vérification de la consommation d'énergie doit viser à déterminer quelle est la meilleure façon d'intégrer la contribution du système d'éclairage au chauffage au(x) système(s) de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air et l'effet de cette intégration sur la maintenance des deux systèmes. Voir annexes 5.12 et 5.14 pour de plus amples renseignement.

3.2.4 **Procédures d'évaluation**

3.2.4.1 Évaluation quantitative de l'éclairage électrique et de l'éclairage naturel

On évalue la quantité de lumière en comparant les valeurs mesurées avec des valeurs de référence des paramètres décrits au paragraphe 3.2.1, soit efficacité lumineuse, niveaux d'éclairement, facteurs d'uniformité de l'éclairement et facteurs moyens de lumière du jour. Les niveaux d'éclairage doivent satisfaire aux exigences des règlements de Travail Canada, aux normes TPC pertinentes et aux recommandations de l'IESNA (dans l'ordre).

Les annexes 5.4, 5.6 et 5.8 décrivent les paramètres appropriés.

3.2.4.2 Évaluation qualitative de l'éclairage électrique et de l'éclairage naturel

Se reporter de nouveau aux paramètres décrits au paragraphe 3.2.1 et aux annexes connexes 5.4, 5.5, 5.7, 5.8, 5.10, 5.11, 5.12, 5.13, et 5.16.

Les valeurs qualitatives sont principalement basées sur un consensus d'experts et c'est pourquoi les valeurs cibles suggérées ne sont pas dogmatiques mais servent à réduire les incertitudes, faute de meilleures solutions.

Il est également à noter qu'il est impossible de définir parfaitement la qualité car on ne peut comprendre un grand nombre de ses éléments plus raffinés qu'en faisant appel à

des impondérables comme notre sens personnel de l'art, de la beauté, de la définition de l'espace et du bien–être physiologique ou psychologique.

3.2.4.3 Vérification de la consommation d'énergie de l'immeuble

L'outil d'évaluation de base est constitué des factures d'électricité utilisées conjointement avec les charges connectées types et les profils d'énergie et d'occupation de l'immeuble à l'étude. Les factures d'électricité peuvent fournir une ventilation mensuelle des frais d'énergie et de charge connectée. Ces frais sont normalisés pour une année type pour garantir que des conditions atmosphériques anormales ne faussent pas les données collectées. Ces frais normalisés sont ensuite utilisés pour calculer les charges moyennes connectées et d'éclairage, qui sont alors comparées avec celles d'immeubles types à profils de consommation d'énergie acceptables. Des écarts importants indiquent un gaspillage important au niveau des charges connectées et(ou) du fonctionnement des systèmes d'éclairage. Dans ce cas, il faut une analyse détaillée de tous les systèmes d'éclairage distincts, de leurs commandes et des profils d'occupation des divers espaces à bureaux. On prépare ensuite des recommandations destinées à optimiser les frais d'exploitation d'une source de lumière économe d'énergie, placée dans un luminaire économe d'énergie, située correctement pour la tâche visuelle, fournissant la plage d'éclairage appropriée, utilisée seulement lorsque l'occupant est présent et commandée de façon efficace.

Il existe sur le marché des méthodes informatisées pour exécuter rapidement une vérification de la consommation d'énergie. Ces méthodes sont fournies par des conseillers en conservation d'énergie. Une des méthodes courantes, utilisée par des organismes fédéraux, est le programme BESA.

Bien noter que des résultats précis et fiables, suivis de plans d'action appropriés, ne peuvent être procurés que par des spécialistes du domaine.

Normalement, la compétence des techniciens sur place se limite à l'identification des charges et frais d'énergie d'éclairage excessifs. Voir annexes 5.14 et 5.16 pour de plus amples renseignements.

3.2.5 Main–d'oeuvre et durée

Il est estimé qu'il faut prévoir environ 1 1/2 heure par poste de travail pour une équipe de deux personnes. Cela comprendrait des mesures de vérification pour les zones à terminaux à écrans de visualisation, les espaces de soutien et les zones de service. Les aspects quantitatifs de l'éclairage à l'extérieur des postes de travail visés peut demander 4 journées–personnes, tandis que les aspects qualitatifs des mêmes facteurs peuvent demander 6 journées personnes pour une aire de référence de 10 000 m².

3.3 PHASE III – TECHNIQUES SPÉCIALISÉES DE CONTRÔLE EXHAUSTIF

3.3.1 Description des techniques

Au cours de cette phase, on s'occupe de procurer de l'information sur les profils d'occupation exacts, des paramètres précis du rendement visuel, des relevés

sophistiqués de la luminance, des essais et analyses photométriques des luminaires, des études complexes des environnements à écrans de visualisation, des études complexes de l'éclairage naturel, une évaluation de l'éclairage naturel au moyen de modèles, l'intégration de l'éclairage naturel à d'autres systèmes de l'immeuble et des études pilotes pour de nouvelles technologies ou de nouvelles idées.

3.3.2 Matériel et matériaux

Consulter au besoin la description des phases I et II. Le matériel supplémentaire comprend une trousse de mesure du rendement visuel (disponible du TPC); un luminancemètre de précision avec divers objectifs; un appareil pour mesurer avec précision le facteur de lumière du jour (facultatif); accès à la modélisation à l'échelle et capteurs appropriés pour mesurer l'éclairement et la luminance; accès à des outils de logiciel ultramodernes capables de simuler avec précision la plupart des environnements lumineux. Techniques spécialisées d'analyse de l'occupation permettant d'évaluer le profil d'occupation. Autres outils s'il y a lieu.

3.3.3 Procédure détaillée

3.3.3.1 Profils d'occupation exacts

Il faut des profils d'occupation exacts pour mieux adapter les stratégies de commande d'éclairage aux besoins des occupants tout en réduisant l'énergie gaspillée dans les espaces inoccupés.

3.3.3.2 Paramètres du rendement visuel

Actuellement, nous utilisons une technique développée à l'IRC du CNRC et valable pour des caractères alphanumériques imprimés de taille normale. Cette technique consiste à utiliser une caméra vidéo à correction optique appropriée pour enregistrer des images de la ciblevisuelle. Cet enregistrement est numérisé puis introduit dans un programme informatique pour traitement et analyse des données afin d'obtenir une valeur de rendement visuel correspondant à la cible visuelle en cause, à son environnement lumineux et aux caractéristiques visuelles de l'observateur. Toute autre renseignements basés a propos des donnés luminaires peuvent être obtenues très facilement.

La trousse de mesure et le manuel d'instructions connexe sont disponibles du TPC.

3.3.3.3 Relevés sophistiqués de la luminance

Il s'agit de relevés de luminance destinés à dresser un plan exact des surfaces de travail principales et de leur environnement immédiat avec lequel elles interagissent. Les méthodes sont expliquées à l'annexe 5.4 et elles s'appliquent tant à l'éclairage électrique qu'à l'éclairage naturel. Cependant, dans le cas de l'éclairage naturel, il est à noter que les relevés de luminance doivent être effectués sous un ciel stable. Un ciel stable couvert uniformément ou un ciel parfaitement dégagé sont les conditions idéales. On doit prendre les mesures de luminance la nuit, pour obtenir des conditions de niveau minimal de référence, et le jour, pour obtenir de l'information sur l'effet de l'éclairage naturel. Les mesures prises le jour doivent être choisies de façon à représenter les

conditions du pire cas en ce qui concerne les niveaux ambiants moyens de luminance, les rapports de luminance, les valeurs minimale et maximale. Toutes les mesures doivent être effectuées pour la position pertinente du travailleur et couvrir un angle de vision moyen de 120° de largeur sur 60° de hauteur par rapport à un axe horizontal. Des photos Polaroid avec transparents en acétate peuvent être utilisées pour enregistrer tout type de relevé de luminance et elles constituent en même temps un dossier détaillé de la disposition, du traitement et de l'utilisation de l'espace. Cette information s'avère souvent d'une valeur inestimable dans la préparation de l'analyse détaillée du rendement de l'éclairage de l'environnement et dans l'établissement de preuves à l'appui des recommandations.

3.3.3.4 Études complexes des environnements à écrans de visualisation

Ce type d'environnement correspond généralement à une de deux catégories possibles : la catégorie 1 concerne le travail dépendant principalement de terminaux à écran de visualisation (p. ex. introduction de données et traitement de textes). La catégorie 2 concerne le travail qui ne dépend pas de l'utilisation constante de terminaux à écran de visualisation (p. ex. télécommunications, extraction de données, fonctions de calcul).

Le travail faisant appel à un écran de visualisation est une tâche visuelle très exigeante et c'est pourquoi les exigences d'éclairage sont généralement plus rigoureuses alors que les niveaux et commandes d'éclairage sont généralement plus souples.

Dans le cas d'un environnement de catégorie 2, il est souvent possible de considérer le travail comme accessoire au travail quotidien habituel. Il s'agit alors de limiter tout éblouissement excessif à l'écran.

Dans le cas d'un environnement de catégorie 1, on met l'accent sur l'élimination de tout éblouissement à l'écran ainsi que de toute source d'éblouissement dans le champ de vision. De plus, on étudie le contraste de l'affichage à l'écran et les rapports maximaux admissibles de luminance ambiante. Voir annexe 5.7 pour de plus amples renseignements.

Les commandes d'éclairage des espaces à écrans de visualisation doivent être d'accès facile aux utilisateurs, commander une zone limitée (c.–à–d. un petit groupe), permettre un éclairage à plusieurs gradins et être faciles à adapter à des rénovations éventuelles. On peut mener des études ergonomiques tenant compte de l'environnement visuel, acoustique et thermique, de l'attitude physique du travailleur et de l'assignation des espaces en utilisant comme ligne directrice générale le document de l'IESNA intitulé "Proposed Standard Practices for Lighting Offices Containing VDU's".

3.3.3.5 Études complexes prolongées de l'éclairage naturel

Des études prolongées s'imposent lorsque les caractéristiques de répartition spatiale de la lumière du jour varient grandement selon l'utilisation et l'aménagement de l'espace à bureaux. Dans ce cas, il est difficile de prédire, mathématiquement ou autrement, l'effet sur l'environnement lumineux et il est souhaitable d'avoir recours à un contrôle prolongé. Voir annexe 5.8 pour de plus amples renseignements. Au cours de ce contrôle, il importe que les mesures soient prises à l'aide de techniques conséquentes

qui ne dépendent pasdes facteurs à mesurer. Des études du profil exact de répartition de la lumière du jour et des études spécialisées de l'infrarouge et de l'ultraviolet font partie de la présente section mais ne sont menées que sur demande ou en cas de besoin et elles dépassent la portée du présent document.

3.3.3.6 Évaluation de l'éclairage naturel au moyen de modèles

Les modèles peuvent être matériels ou informatisés. La modélisation matérielle peut être un moyen de reproduire fidèlement et d'étudier le rendement de l'éclairage naturel d'un espace dans diverses conditions, sous un ciel artificiel ou réel. Dans tous les cas, il faut faire appel à des opérateurs et analyseurs de données expérimentés pour obtenir des résultats valables.

La simulation informatisée peut servir de complément des modèles matériels ou d'outil de vérification pour évaluer les multiples options au cours du processus de conception. Il est pratiquement impossible de simuler toutes les complexités que peut représenter la modélisation tout comme il est pratiquement impossible de modeler de nombreuses conceptions de rechange. Par conséquent, ces deux outils se complètent parfaitement l'un l'autre. Voir annexe 5.16 pour de plus amples renseignements.

3.3.3.7 Essais et analyses photométriques

L'analyse de l'efficience et du rendement optique de systèmes d'éclairage peut exiger des essais photométriques pour déterminer les différences entre la conception et les systèmes installés. De plus, on peut effectuer des essais photométriques pour vérifier la conformité aux exigences de qualité et aux spécifications techniques et à d'autres exigences.

Il y a de nombreuses compagnies qui offrent des essais photométriques complétés par des analyses mécanique, électrique et de transmission thermique.

L'annexe 5.15 énumère les compagnies les mieux connues et indique leurs services offerts avec les coûts. Ce qu'il faut bien comprendre au départ c'est que les rapports photométriques se basent sur des conditions de référence particulières, qui peuvent ou non être assez réalistes pour procurer des informations exactes.

D'habitude, on peut compenser les écarts par rapport aux conditions de référence normalisées par une simple manipulation mathématique.

Le laboratoire d'essais doit être informé de tous les environnements de travail types pour qu'il puisse effectuer une analyse appropriée. Voici une description de tous les paramètres principaux en cause :

- **Tension d'alimentation** – Tension moyenne, de fluctuation et de forme d'onde telle qu'elle est appliquée aux luminaires. Il est à noter que les câbles d'alimentation de grande longueur réduisent la tension d'alimentation;
- **Température** – La température ambiante, du plénum. des compartiments de ballast et de la surface des lampes influent beaucoup sur le rendement lumineux et la durée de vie des luminaires;

- **Humidité** – Si l'humidité est élevée, elle risque de nuire au fonctionnement et au rendement des luminaires;
- **Éléments** – Les lampes et les ballasts doivent être compatibles entre eux et adaptés aux méthodes de commande.

Pour la mesure sur place des paramètres relatifs à l'environnement, voir annexe 5.6.

3.3.3.8 Études pilotes

Des études pilotes peuvent être entreprises pour essayer de nouveaux dispositifs, systèmes ou hypothèses. Lorsqu'on utilise une nouvelle technologie ou qu'on tente de résoudre des problèmes sur le terrain à l'aide de solutions qui semblent bonnes mais qui peuvent ne pas être éprouvées, il est essentiel d'entreprendre une étude pilote bien contrôlée. Une telle étude comprend habituellement des questionnaires formulés de façon appropriée; dans ce cas, se reporter au document générique D23 – Questionnaires. Il faut avoir soin non seulement de vérifier que les résultats obtenus sont valables pour l'ensemble du projet mais aussi de tenir compte de tout effet sur les autres systèmes de l'immeuble.

De plus, il faut permettre à l'utilisateur d'apporter sa contribution et de se prononcer sur l'opportunité des solutions choisies. Prenons comme exemple la réduction de l'éblouissement dû aux fenêtres. Les solutions peuvent consister en l'utilisation de divers types de stores, de rideaux antiéblouissement, de pellicules antiéblouissement ou de rideaux ordinaires ou d'une combinaison de ces articles. Avec l'aide des occupants, on peut faire des essais pour prouver l'opportunité d'une ou de plusieurs solutions puis faire un compromis quant à la solution la plus satisfaisante des points de vue technique, économique, énergétique, environnemental, esthétique et psychologique. Il est probable que la solution ainsi choisie sera la meilleure et que les avantages prévus seront les plus exacts.

3.3.4 **Procédure d'évaluation**

3.3.4.1 Évaluation quantitative de l'éclairage naturel et de l'éclairage électrique

La procédure d'évaluation comprend les étapes suivantes :

1. mesures et calculs pour déterminer les facteurs moyens de lumière du jour aux points de mesure prescrits et pour des zones représentatives de l'immeuble (voir annexe 5.8);

2. relevé de l'éclairement d'espaces éclairés naturellement, pour des conditions de travail types, sous un ciel couvert stable et sans utilisation de l'éclairage électrique (voir annexe 5.4);

3. étude de l'effet de l'introduction, de l'utilisation et de l'intégration de l'éclairage naturel sur la consommation d'énergie et sur le mode de fonctionnement des systèmes de l'immeuble (voir annexe 5.13);

4. détermination du profil énergétique de l'immeuble et optimisation du fonctionnement de tous les systèmes d'éclairage pour obtenir le meilleur rendement énergétique possible (voir annexes 5.12 et 5.14).

3.3.4.2 Évaluation qualitative de l'éclairage électrique et de l'éclairage naturel

La procédure d'évaluation comprend les étapes suivantes :

1. relevé de rendement visuel, qui peut procurer une image nette du rendement visuel potentiel et réel de chaque poste de travail évalué (voir annexe 5.10).

   Les données ainsi collectées sont comparées avec le tableau des exigences de rendement visuel et les écarts sont pris en note. Chaque écart est ensuite analysé individuellement : on recommence le relevé du rendement visuel mais on modifie la disposition du poste de travail par rapport au réseau d'éclairage ou l'on améliore le contraste visuel ou l'on augmente l'éclairement de la cible visuelle. On formule ensuite des solutions appropriées tenant compte des facteurs humains, techniques et économiques;

2. relevés de luminance permettant d'identifier des zones à luminance excessive ou à rapport de luminance excessif, ce qui réduit ou élimine les plaintes éventuelles (voir annexe 5.4);

3. études spécialisées de locaux à écrans de visualisation, dont les résultats sont comparés avec les recommandations basées sur les spécifications (voir annexe 5.7);

4. construction de modèles à échelle réduite pour étudier la répartition et l'intensité lumineuse de la lumière du jour durant toute l'année. De plus, des moyens d'antiéblouissement qui limitent l'éblouissement excessif sont mis à l'essai et choisis selon leurs caractéristiques techniques, économiques, esthétiques et leur facilité d'utilisation (voir annexe 5.16);

5. essais photométriques et thermiques de luminaires qui ne sont pas fournis avec de bonnes données photométriques ou qui sont utilisés d'une manière inhabituelle ou dans un milieu inhabituel. Leur rendement est alors comparé avec les exigences des spécifications (voir annexe 5.15);

6. simulations informatisées, tant pour l'éclairage électrique que pour l'éclairage naturel, qui sont effectuées pour évaluer et classer l'efficacité de l'éclairage aux postes de travail et dans les espaces de soutien. Des programmes complexes tels que Lumen Micro, Superlite DOE2–1B et DOE2–IC, et Controlite (voir annexe 5.16) sont utilisés à cette fin.

3.3.5 Main-d'oeuvre et durée

Il n'y a pas de méthode établie type de sorte que chaque cas doit être étudié à titre individuel.

4. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE

1. The Chartered Institute of Building Services, **CIBS code for Interior Lighting, London, 1984.**

2. de Boer, J.B., and Fischer, D., **Interior Lighting**, Philips Technical Library, Second Edition.

3. DNNA, **Simulating Daylight with Architectural Models**. SCHILER, Merk editor, 1988.

4. Illuminating Engineering Society, **Daytime Lighting in Buildings**, Technical Report No. 4. Second Edition, London, 1972.

5. Kaufman, J. ed. **IESNA Reference Lighting Handbooks** Illumination Engineering Society – North America. 1984.

6. Kaufman, J. ed. **Lighting Handbook Applications**. New York: Illumination Engineering Society – North America. 1987.

7. Public Works Canada. **Office Lighting Standard. ED–16500**. 1986 AES/SAG 1–1:86–10. Ottawa.

8. M.S. Rea, F.R.S. Clark and M.J. Ouelette, **Photometric and Psychophysical Measurements of Exit Signs through Smoke**, National Research Council of Canada. NRC/DBR paper No. 1291, NRCC 24627 Ottawa, 1985.

9. **Réglement du Canada sur l'hygiène et la sécurité au travail, Partie IV, Niveau d'éclairage, Code Canadien du travail, mars 1986.**

10. Travaux publics Canada, Éclairage des bureaux, ED–16500. 1986 AES/SAG 1–1:86–10. Ottawa, 1987.

5. ANNEXES

5.1 TERMES NORMALISÉS ET UNITÉS DE MESURE

Adaptation Processus par lequel l'oeil s'adapte à des variations de lumière ou de luminosité.

Adaptation de la rétine Processus par lequel la rétine s'adapte à une luminance supérieure à environ 3.4 candelas par mètre carré (1 footlambert).

Ballast Dispositif électrique servant à limiter le courant électrique dans les lampes fluorescentes ou HID. Ils sont essentiels à l'amorçage et au fonctionnement de ces types de lampes.

Cible visuelle Détails et objets qui doivent êtrevus pour l'exécution d'une activité donnée, y compris le fond sur lequel se présentent ces détails ou objets.

Remarque : L'expression "tâche visuelle" désigne l'activité consistant à extraire l'information. Cette activité doit être distinguée de la tâche globale effectuée par l'observateur.

Contraste de luminance Relation entre la luminance d'un objet et celle du fond.

$$c = \frac{Lb - Lo}{Lb}$$

Lb = luminance du fond
Lo = luminance de l'objet

Éblouissement Lumière ou luminosité qui se trouve dans le champ de vision qui cause une sensation désagréable ou gêne la vue. On peut classer l'éblouissement en deux catégories :

éblouissement gênant – éblouissement causant une sensation désagréable sans nécessairement nuire au rendement visuel ou à la visibilité;

éblouissement perturbateur – éblouissement qui réduit le rendement visuel et la visibilité et qui est souvent accompagné d'une sensation désagréable.

Éblouissement par réflexion Éblouissement causé par l'image miroir d'une source de lumière réfléchie par une surface très luisante ou par une surface vitrée (par exemple l'image d'une source de lumière telle qu'une fenêtre ou un luminaire fluorescent sur un écran cathodique). Voir "Réflexions de voile".

Éclairage d'appoint Parfois appelé éclairage ponctuel, il s'agit d'un système qui fournit l'éclairage dans un espace relativement petit où est exécutée une tâche particulière. L'éclairage peut être assuré par un luminaire installé près de la surface de travail, ou monté sur le matériel, ou provenir d'un projecteur éloigné. C'est une façon économique de renforcer les niveaux d'éclairage d'une tâche visuelle difficile. L'éclairage d'appoint doit être utilisé avec un système d'éclairage général.

Éclairage général Système d'éclairage assurant un niveau général d'éclairement partout dans l'aire considérée.

Éclairage localisé Disposition fonctionnelle de luminaires en fonction de l'endroit où la tâche visuelle est exécutée. Cet éclairage est conçu pour éclairer la surface de travail. Dans le contexte de la présente norme, les luminaires d'éclairage localisé sont montés au plafond ou encastrés dans le plafond.

Éclairement, lx Densité du flux lumineux incident sur une surface; c'est le quotient du flux lumineux par l'aire de la surface, lorsque celle–ci est éclairée uniformément.

Éclairement de sphère équivalente, lx Niveau d'éclairage d'une sphère qui produirait une visibilité de la cible équivalant à celle produite par un environnement lumineux particulier. Ce concept est tombé en désu étude car il ne peut représenter correctement les exigences de l'organe visuel.

Écran de visualisation Terminal à écran de visualisation ou écran cathodique.

Efficacité lumineuse d'une source de lumière Quotient du flux lumineux par la puissance consommée. On l'exprime en lumens par watt.

Facteur de maintenance Voir "Facteur de perte d'éclairement".

Facteur de lumière du jour La proportion d'illumination sur une surface horizontale à l'intérieur (généralement au niveau de la surface de travail) à l'illumination extérieure "disponible" sur une surface horizontale. Ceci est pris en termes de la condition d'un ciel diffus. L'éclairage direct par le soleil est exclus.

Facteur de perte d'éclairement Facteur utilisé pour calculer l'éclairement après un temps donné et dans certaines conditions. Il tient compte des variations de température et de tension, de l'accumulation de saleté sur le luminaire et les surfaces du local, de la dépréciation de la lampe, de la méthode d'entretien et des conditions atmosphériques. Autre fois appelé facteur de maintenance.

Facteur de réflexion Rapport du flux lumineux réfléchi par la surface d'un matériau ou d'un fini au flux lumineux incident. Le facteur de réflexion est habituellement exprimé en pourcentage. Une surface foncée est moins réfléchissante qu'une surface claire. On dit donc d'une surface foncée qu'elle a un facteur de réflexion moins élevé.

Facteur d'uniformité Rapport de l'éclairement moyen à l'éclairement minimal. Ce rapport s'applique généralement aux valeurs mesurées sur le plan utile et au–dessus de la surface de travail.

Facteur moyen de lumière du jour La proportion de la fluctuation de l'éclairage naturel incident sur la surface de référence totale exprimée comme un pourcentage de l'illuminance extérieure sur une surface horizontale causée par un ciel inencombré qui a une distribution de luminance connue.

Indice de rendu des couleurs (d'une source de lumière) évaluation du degré d'accord entre l'aspect chromatique des objets éclairés par la source considérée et celui des mêmes objets éclairés par une source de référence de température de couleur comparable.

Lampe Générique désignant toute source de lumière artificielle. Par extension, ce terme est également utilisé pour désigner les sources qui rayonnent dans les régions du spectre proches de la lumière visible.

Lumen Unité de mesure du flux lumineux émis par une source de lumière (lampe). Le rendement lumineux total d'une lampe se mesure habituellement en lumens.

Lumière Rayonnement pouvant exciter la rétine et produire une sensation visuelle. La partie visible du spectre électromagnétique s'étend de 380 à 770 nm environ.

Luminaire Appareil d'éclairage complet constitué d'une ou plusieurs lampes et des pièces conçues pour répartir la lumière, pour monter et protéger les lampes et pour raccorder ces dernières à la source d'alimentation.

Luminance, L Mesure physique du stimulus qui produit la sensation de luminosité (brillance) selon l'intensité de la lumière émise dans une direction donnée (habituellement vers l'observateur) par unité d'aire d'une surface lumineuse par elle-même, par transmission ou par réflexion. C'est le quotient de l'intensité lumineuse de la lumière émise ou réfléchie dans une direction donnée par un élément de surface, par l'aire de l'élément correspondant à cette direction. L'unité SI de la luminance est la candela par mètre carré.

Luminosité (subjective) Élément subjectif de toute sensation visuelle qui provoque un degré de clarté (brillant, clair, sombre, foncé, etc.).

Plan utile Plan horizontal, vertical ou incliné dans lequel est situé la cible visuelle et qui, sauf indication contraire, est généralement horizontal et à au moins 0.76 m du plancher.

Poste de travail Partie de la surface utile qui est allouée à l'utilisteur d'un bureau pourses activités professionnelles. L'espace fonctionnel et l'espace d'accès constituent le poste de travail de l'utilisateur du bureau.

Probabilité de confort visuel Taux de probabilité de confort visuel exprimé en nombre de personnes surcent qui, lorsqu'elles regardent dans une direction donnée à partir d'un endroit donné, considéreraient l'éclairage acceptable sous l'aspect de l'éblouissement gênant. La probabilité de confort visuel est reliée à la valeur de l'éblouissement gênant.

Réflexions de voile Réflexions régulières superposées à des réflexions diffuses d'un objet qui obscurcissent partiellement ou totalement les détails à voir en réduisant le contraste. C'est ce qu'on appelle parfois l'éblouissement par réflexion.

Rendement normalisé d'un luminaire Quotient du flux lumineux (lumens) d'un luminaire par celui de la ou des lampes que comporte ce luminaire.

Rendement visuel Évaluation quantitative de la vitesse et de la précision requises pour effectuer une tâche visuelle.

Rendu des couleurs Expression générale désignant l'effet d'une source de lumière sur l'aspect chromatique des objets qu'elle éclaire, cet aspect étant comparé consciemment ou non à celui des mêmes objets éclairés par une source de référence.

Surface de travail Lieu où est exécutée une tâche visuelle (le dessus d'un bureau par exemple) et faisant généralement partie d'un poste de travail, bien qu'un travailleur puisse exécuter plusieurs tâches connexes qui l'amènent à utiliser tout le poste de travail. Il faudrait alors un éclairage localisé pour le poste de travail.

Température de couleur d'une source de lumière Température absolue du corps noir qui émet un rayonnement ayant la même chromaticité que la source de lumière considérée.

Visibilité Qualité ou état de pouvoir être perçu par l'oeil. Dans bien des applications extérieures, la visibilitése définit comme la distance à laquelle un objet peut à peine être perçu par l'oeil. Dans les applications intérieures, elle se définit habituellement comme le contraste ou la taille d'un objet d'essai normalisé observé dans des conditions normalisées et ayant le même seuil que l'objet considéré.

5.2 NORMES DE RÉFÉRENCE ET LIGNES DIRECTRICES

1. **Daylight Survey Method**, préparé par Prof. D. Moizer, N° OTT84-62721/1, mars 1986

2. **Éclairage des bureaux équipés de terminaux à écran de visualisation**, TPC, AES/SAG 1-2: 86-1

3. Exigences du Code canadien du travail, Partie VI "Niveaux d'éclairage", extrait du Code canadien du travail, partie IV

4. Extrait de Illumination Selection Procedure based on the Application Volume, éditeur J. Kaufman, New York 1987

5. IESNA, **Proposed Standard Practices For Lighting Offices Containing VDU's**, (disponible en 1989)

6. Norme – clairage des bureaux, ED-16500. TPC, AES/SAG 1-1: 86-10

D'autres organismes provinciaux peuvent exiger la conformité à des paramètres autres que ceux des documents ci-dessus.

19/3/86 Gazette du Canada Partie II, Vol. 120, N° 6

PARTIE VI

NIVEAUX D'ÉCLAIRAGE

Application

6.1 La présente partie ne s'applique pas à l'éclairage dans les mines souterraines.

Mesure des niveaux moyens d'éclairage

6.2 Pour l'application de la présente partie, le niveau moyen d'éclairage est déterminée dans une aire donnée en prenant la mesure à au moins quatre endroits différents de l'aire et en divisant la somme des résultats des mesures par le nombre de mesure prises, celles–ci étant calculées :

(a) au niveau où est exécuté le travail, où le travail est exécuté à un niveau plus élevé que le sol;

(b) à 1 m du sol, dans tout autre cas.

Niveaux moyens minimum d'éclairage

6.3 Le niveau moyen d'éclairage, pour un type de travail ou endroit visé à la colonne I de l'annexe I de la présente partie, ne doit pas être inférieur au niveau moyen visé à la colonne II de la même annexe.

6.4 Le niveau moyen d'éclairage d'un endroit visé à la colonne I de l'annexe II de la présente partie ne doit pas être inférieur au niveau moyen visé à la colonne II de la même annexe.

6.5 Le niveau moyen d'éclairage d'un endroit visé à la colonne I de l'annexe III de la présente partie ne doit pas être inférieur au niveau moyen visé à la colonne II de la même annexe.

Systèmes d'éclairage de secours

6.6 (1) Dans le cas où la défaillance du système d'éclairage réduirait le niveau d'éclairage à moins de 3 dalx dans un endroit où doivent passer les employés qui suivent les procédures d'urgence visées à l'alinéa 17.5(2)b) ou les procédures d'évaluation visées à l'alinéa 17.4(2)c), un système d'éclairage de secours doit y être installé.

(2) Le système d'éclairage de secours installé conformément au paragraphe (1) doit :
(a) fonctionner automatiquement en cas de défaillance du système d'éclairage;
(b) fournir un niveau moyen d'éclairage de 3 dalx.

19/3/86 Gazette du Canada Partie II, Vol. 120, N° 6

ANNEXE II – Fin

NIVEAUX MOYENS D'ÉCLAIRAGE DANS LES EXPACES INDUSTRIELS – FIN

Article	Colonne I Endroit	Colonne II Niveau moyen d'éclairage (daix)
2.	LABORATOIRES	
	(a) endroit où se fait la lecture d'instruments et où des erreurs de lecture peuvent être hasardeuses pour la sécurité ou pour la santé des employés	80
	(b) endroit où une substance dangereuse est manipulée	70
	(c) endroit où :	
	(i) le travail de laboratoire exige un attention minutieuse et soutenue	60
	(ii) tout autre travail de laboratoire est accompli	30
3.	ENDROIT DE CHARGEMENT ET DE DÉCHARGEMENT, ENTREPOSAGE	
	(a) endroit où les colis sont contrôlés triés	15
	(b) quais, embarcadères et autres endroits où des colis et des conteneurs sont chargés et déchargés	10
	(c) endroit où du grain et des matières granulées sont déchargés en vracs	3
	(d) endroits où les marchandises sont entreposées en vrac ou bien où les marchandises entreposées sont toutes de la même nature	3
	(e) tout autre endroit	1
4.	ATELIERS	
	(a) endroit où se fait un travail de haute ou moyenne précision a l'établi ou sur une machine	50
	(b) endroit où se fait un travail ordinaire à l'établi ou sur un machine	30
	(c) tout autre endroit	20
5.	ENDROIT DE TRAITEMENT OU DE FABRICATION	
	(a) salle de contrôle et endroit où sont installés des tableaux à cadran	80
	(b) endroit où est traitée, fabriquée ou utilisée une substance dangereuse :	
	(i) dans les secteurs principaux de travail	50
	(ii) dans les secteurs environnants	20
	(c) endroit où des substances non dangereuses sont traitées, fabriquées ou utilisées ou bien où fonctionne un équipement contrôlé automatiquement :	
	(i) dans les secteurs principaux de travail	10
	(ii) dans les secteurs environnants	5
6.	ESPACES DE SERVICE	
	(a) escaliers et ascenseurs :	
	(i) utilisés régulièrement par les employés	10
	(ii) utilisés irrégulièrement par les employés	5
	(b) escaliers utilisés seulement en cas d'urgence	3
	(c) corridors et allées utilisés par les piétons et les appareils mobiles :	
	(i) aux intersections principales	10
	(ii) aux autres endroits	5
	(d) corridors et allées réservés aux appareils mobiles	5
	(e) corridors et allées réservés aux piétons :	
	(i) utilisés régulièrement par les employés	5
	(ii) utilisés irrégulièrement par les employés	3

EXIGENCES DU CODE CANADIEN DU TRAVAIL

19/3/86 Gazette du Canada Partie II, Vol. 120. N° 6 SOR/DORS/86-304

ANNEXE III

(article 6.5)

NIVEAUX MOYENS D'ÉCLAIRAGE DANS LES ESPACES GÉNÉRAUX

Article	Colonne I Endroit	Colonne II Niveau moyen d'éclairage (daix)
1.	ESPACES À L'EXTÉRIEUR DES IMMEUBLES	
	(a) entrées et sorties :	
	(i) utillisées régulièrement par les employés	10
	(ii) utilisés irrégulièrement par les employés	5
	(b) sentiers pour piétons;	
	(i) aux intersections qui coupent une voie pour véhicules	3
	(ii) aux autres endroits	1
	(c) endroit utilisé par les piétons et les appareils mobiles :	
	(i) où le niveau d'activités est élevé ou moyen	2
	(ii) où le niveau d'activités est bas	1
	(d) endroit d'entreposage :	
	(i) où le niveau d'activités est élevé ou moyen	3
	(ii) où le niveau d'activités est bas	1
2.	SALLE DE PREMIERS SOINS	
	(a) endroits réservés aux traitements et aux examens	100
	(b) autres endroits	50
3.	AIRES DE PRÉPARATION DES ALIMENTS	50
4.	LOCAUX RÉSERVÉS AUX SOINS PERSONNELS	20
5.	SALLES DES CHAUDIÈRES	20
6.	SALLES D'ÉQUIPEMENT DE CHAUFFAGE D'AÉRATION ET DE CLIMATISATION	7
7.	SALLE RÉSERVÉES AUX DOUCHES DE SECOURS ET ENDROITS RÉSERVÉS À L'ÉQUIPEMENT D'URGENCE	5

Critères de sélection de l'éclairement

1. Information de base

Voici l'information de base nécessaire :

1. cible visuelle (article à voir);
2. âge de l'observateur;
3. importance de la vitesse et(ou) de la précision de la perception de la cible visuelle;
4. facteur de réflexion du fond de la cible visuelle.

2. Procédure

Les quatre étapes suivantes sont nécessaires pour établir la valeur d'éclairement appropriée pour une tâche visuelle donnée du IESNA Application Volume, New York 1987.

1. Étape 1 : Définition de la tâche visuelle
Définir le type d'activité visuelle et la surface où elle est effectuée (p. ex. lecture d'un texte sur une surface horizontale).

2. Étape 2 : Sélection de la catégorie d'éclairement
Choisir la catégorie d'éclairement de la table 5.2.1 (si les tâches particulières sont inconnues) ou de la table 5.2.2 (si les tâches particulières sont connues).

3. Étape 3 : Détermination de la plage d'éclairement
Choisir la plage d'éclairement recommandée en consultant la table 5.2.1 (p. ex. catégorie D, plage de 200–300–500 lux). Il est à noter que parmi les catégories A à J, A à C correspondent à des espaces intérieurs d'usage général, D à F correspondent à des surfaces de travail seulement et sont caractéristiques d'espaces courants à bureaux et G à I correspondent à des tâches visuelles anormalement exigeantes.

4. Étape 4 : Détermination de la valeur d'éclairement
Selon la plage d'éclairement déterminée à l'étape 3 ci–dessus, choisir une valeur d'éclairement basée sur les facteurs identifiés au paragraphe 1 en suivant les instructions suivantes :

Catégories A à C
- Estimer l'âge moyen des occupants.
- Estimer les facteurs moyens de réflexion du local (voir annexe 5.5 pour une description détaillée de relevés de facteurs de réflexion).
- Se reporter à la figure 5.2.1(a) tirée du IESNA Handbook et déterminer les facteurs de pondération applicables.
- Additionner ces facteurs et si le total est de –2, utiliser le niveau d'éclairement inférieur de la plage choisie; si le total est de +2, utiliser le niveau supérieur; dans les autres cas, utiliser le niveau intermédiaire.

Catégories D à I

- Estimer l'âge moyen des occupants.
- Estimer l'importance de la vitesse et de la précision.
- Estimer le facteur moyen de réflexion du fond de la cible visuelle.
- Se reporter à la figure 5.2.1(b) et déterminer les facteurs de pondération applicables.
- Additionner ces facteurs et si le total est de –2, utiliser le niveau d'éclairement inférieur de la plage choisie; si le total est de +2, utiliser le niveau supérieur; dans les autres cas, utiliser le niveau intermédiaire.

Lieu ou type d'activité	Catégorie d'éclairement	Plage d'éclairement		Plan utile de référence
		lux	footcandles	
Lieux publics dans un environnement sombre	A	20-30-50	2-3-5	
Simple orientation en vue de visites temporaires	B	50-75-100	5-7.5-10	Éclairage général de tous les espaces
Espaces de travail où des tâches visuelles ne sont effectuées qu'à l'occasion	C	100-150-200	10-15-20	
Tâches à cible visuelle de contraste prononcé ou de grande taille	D	200-300-500	20-30-50	
Tâches à cible visuelle de contraste moyen ou de petite taille	E	500-750-1000	50-75-100	Éclairement de la cible visuelle.
Tâche à cible visuelle de faible contraste ou de très petite taille	F	1000-1500-2000	100-150-200	
Tâches prolongées à cible visuelle de faible contraste et de très petite taille	G	2000-3000-5000	200-300-500	Éclairement de la cible visuelle au moyen d'une combinaison d'éclairage général et ponctuel (d'appoint)
Tâches visuelles très prolongées et exigeantes	H	5000-7500-10000	500-750-1000	
Tâches visuelles très spéciales de contraste extrêmement faible et de petite taille.	I	10000-15000-20000	1000-1500-2000	

Extrait du IES Application Volume, 1987; publication autorisée par l'IESNA.

Tableau 5.2.1 **Catégories d'éclairement et valeurs d'éclairement pour activités générales d'intérieur**

Type d'espace/activité	Catégorie d'éclairement
Aérogares (voir **terminus**)	
Salles d'exercices	C
Galeries d'art (voir **Musées**)	
Centres	
de conférence	C
communautaires	B
Banques (voir aussi **Lecture**)	
Foyer	
Général	C
Zone d'écriture	D
Guichets	E
Salons de coiffure et de beauté	E
Églises et synagogues	(voir page 7-2)
Salles de club ou de loge de loisirs et de lecture	D
Salles de conférence	
Discours	D
Tâches visuelles critiques (voir la tâche en cause)	
Salles d'audience	
Tribunes du public	C
Barre	E
Salles de danse et discothèques	B
Maisons de repos (voir **Établissements de santé**)	
Bureaux	
Comptabilité (voir **Lecture**)	
Locaux de conférence (voir **Salles de conférence**)	
Dessin (voir **Dessin**)	
Bureaux généraux et privés (voir **Lecture**)	
Bibliothèques (voir **Bibliothèques**)	
Foyers, salles de repos et aires de réception	C
Tri du courrier	E
Impression off-set et reprographie	D
Bureaux de poste (voir **Bureaux**)	
Lecture	
Lecture de copies	
Dittographies	E
Lecteur de microfiches	B
Polycopiés	D
Photographies, détails moyens	E[13]
Copies thermographiques, mauvaises copies	F[3]
Copies xérographiques	D
Copies xérographiques, 3e génération et supérieures	E
Soins personnels	
Maquillage et rasage	D
Miroir pleine longueur	D
Artisanat et passe-temps	
Passe-temps à l'établi	
Tâches ordinaires	D
Tâches difficiles	E
Tâches critiques	F
Passe-temps au chevalet	E
Repassage	D
Tâches de cuisine	
Comptoirs de cuisine	
Tâches visuelles critiques	E
Tâches visuelles non critiques	D
Cuisinière	
Tâches visuelles difficiles	E
Tâches visuelles non critiques	D
Évier	
Tâches visuelles difficiles	E
Tâches visuelles non critiques	D
Lessive	
Préparation et baquets	D
Laveuse et sécheuse	D

Tableau 5.2.2 **Espaces intérieurs commerciaux, hospitaliers, correctionnels, résidentiels et de réunion publique**

Extrait partiel du IES Application Volume, 1987; publication autorisée par l'IESNA.

a. Catégories d'éclairement A à C			
Caractéristiques du local et des occupants	Facteur de pondération		
	−1	0	+1
Âges des occupants	Moins de 40 ans	40–55 ans	Plus de 55 ans
Facteurs de réflexion des surfaces du local*	Supérieurs à 70 %	De 30 à 70 %	Inférieurs à 30 %

b. Catégories d'éclairement D à I			
Caractéristiques des tâches et des travailleurs	Facteur de pondération		
	−1	0	+1
Âges des travailleurs	Moins de 40 ans	40–55 ans	Plus de 55 ans
Vitesse et(ou) précision**	Sans conséquence	Importantes	Critiques
Facteur de réflexion du fond de la cible visuelle***	Supérieurs à 70 %	De 30 à 70 %	Inférieurs à 30 %

* Facteurs moyens pondérés de réflexion des surfaces, y compris des murs, du plancher et du plafond s'ils englobent une grande partie de la surface de travail ou de l'environnement visuel. Par exemple, dans un vestibule d'ascenseurs de 7.6 mètres (25 pieds) de hauteur, ni la tâche visuelle ni l'environnement visuel n'englobent le plafond de sorte qu'on ne tiendrait compte que des facteurs de réflexion du plancher et des murs.

** Afin de déterminer si la vitesse et(ou) la précision sont sans conséquence, importantes ou critiques, il faut répondre aux questions suivantes : Quelles sont les limites de temps? Quelle est l'importance de l'exécution rapide de la tâche? Des erreurs produiront-elles une condition ou un produit dangereux? Des erreurs réduiront-elles la productivité et seront-elles coûteuses? Par exemple, dans la lecture de loisir, il n'y a pas de limites de temps et il n'est pas important de lire rapidement. Les erreurs éventuelles ne seront pas coûteuses et n'auront aucune incidence sur la sécurité. La vitesse et la précision ne sont donc pas importantes. Par contre, si un pharmacien doit lire une ordonnance, la précision est critique car une erreur pourrait donner lieu à une condition dangereuse, et le temps est important pour la relation avec le client.

*** Le fond est cette partie de l'environnement visuel sur laquelle est exposée la cible visuelle utile. Par exemple, sur la présente page, la cible visuelle utile comprend chaque lettre qui se combine aux autres lettres pour former des mots et des phrases. Le support d'affichage, ou le fond de la cible visuelle, est le papier, qui présente un facteur de réflexion d'environ 85 pour-cent.

Figure 5.2.1 **Facteurs de pondération qui doivent être pris en considération pendant la sélection d'un éclairement particulier dans les plages pour chaque catégorie**

Extrait du IES Application Volume, 1987; publication autorisée par l'IESNA.

5.3 TABLEAUX D'ÉCLAIRAGE

5.3.1 Introduction

Les tableaux de la présente section sont basés sur les pratiques d'éclairage internationales courantes et sur les spécifications techniques actuelles relatives au rendement des luminaires.

5.3.2 Tableaux de Luminance

Les tableaux suivants représentent des recommandations favorisant un environnement lumineux équilibré et sont basés sur un consensus d'experts et non sur des études scientifiques. Cela veut dire que les valeurs qu'ils contiennent doivent être utilisées comme lignes directrices et quede faibles écarts sont tout à fait acceptables.

Rapport de la cible visuelle à son arrière–plan immédiat	1 : 1/3
Rapport de la cible visuelle à une surface foncée éloignée	1 : 1/10
Rapport de la cible visuelle à une surface claire éloignée	1 : 10
Rapport de la cible visuelle à une fenêtre ou un luminaire (se trouvant dans le champ de vision)	1 : 20
Rapport de la cible visuelle à tout point du champ de vision	1 : 40

Tableau 5.3.1 **Rapports de luminance recommandés**

	Plage optimale	Minimum	Maximum
Murs	50 – 150 cd/m²		
Plafonds	100 – 300 cd/m²		
Surface de travail et arrière–plan	100 – 400 cd/m²		
Caractéristiques humaines	250 cd/m²	10 – 20 cd/m²	
Ciel visible	–	–	2000 cd/m²
Luminaires	1000 – 3500 cd/m²		7700 cd/m²

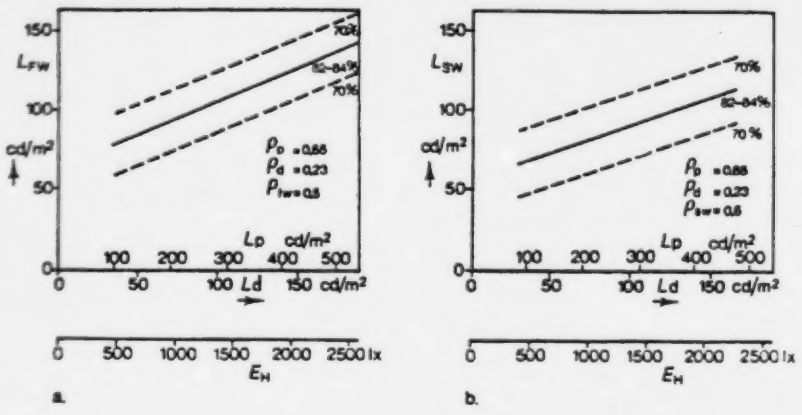
Tableau 5.3.2 **Luminances ambiantes recommandées**

Angle au–dessus du nadir	Luminance maximale (cd/m²)
45	7710
55	5500
65	3860
75	2520
85	1700

Remarques : 1. Ces valeurs sont des maxima pour l'orientation longitudinale etpour l'orientation transversale des luminaires.

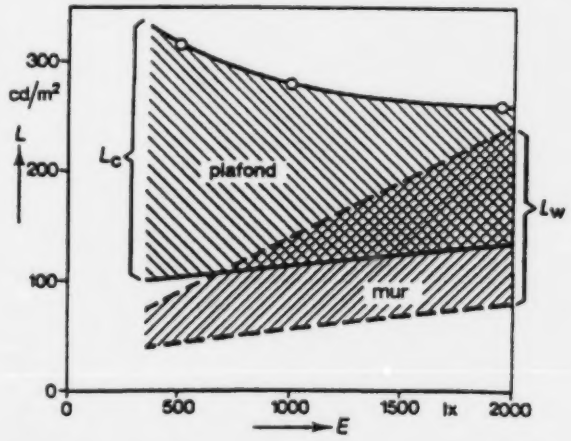
2. Les rapports de luminance des luminaires entre le maximum et lamoyenne ne doivent pas dépasser 5:1 à des angles allant de 45 à 85 degrés.

Tableau 5.3.3 **Luminances maximales des luminaires**



(a) Luminance préférée du mur vis-à-vis de l'observateur, L_{FW}, en fonction de la luminance du papier, L_p, de la luminance du dessus de bureau, L_d et de l'éclairement horizontal, E_H: (b) Luminance préférée des murs latéraux, L_{SW}, en fonction de la luminance du papier, L_p, de la luminance du dessus de bureau, L_d et de l'éclairement horizontal, E_H. (Balder)

Figure 5.3.1 **Luminances préférées des murs**



Plage de luminances préférées des plafonds, L_C, et murs, L_W en fonction de l'éclairement E du plan utile. (D. Fisher)

Figure 5.3.2 **Luminances préférées des plafonds**

Les rapports suivants sont conformes aux recommandations de l'IESNA de de la CEI.

Description	Rapport
Espaces intérieurs	
Cible visuelle – arrière-plan immédiat	1:2/3
Cible visuelle – espace de soutien	1:1/3
Minimum – moyenne, à la cible	0.8:1
Espaces extérieurs : stationnement	
Activité faible/moyenne	4:1 (moyenne – minimum)
Grande activité	3:1 (moyenne – minimum)
Sécurité des piétons	5:1 (moyenne – minimum)
Voies de circulation	4:1 (moyenne – minimum)
	40:1 (maximum – minimum)
Voies de sortie	3:1 (moyenne – minimum)
	10:1 (maximum – minimum)

Tableau 5.3.4 **Rapports d'éclairement recommandés**

5.3.3. Finis des Locaux

Les finis des surfaces d'un local sont des facteurs importants pour la détermination des plages et rapports de luminance appropriés des luminaires.

Le tableau 5.3.5 donne les valeurs recommandées.

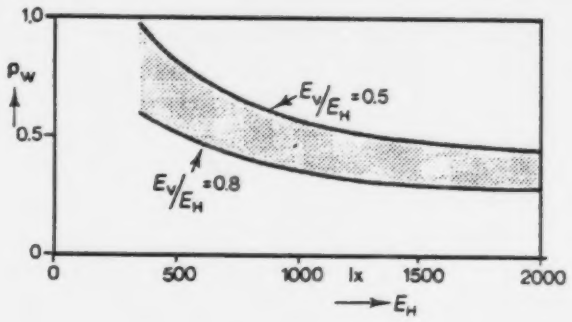
On peut utiliser des valeurs supérieures et inférieures dans la mesure où

1. elles sont choisies dans le but d'améliorer la répartition du flux lumineux des luminaires;

2. elles sont choisies pour des raisons d'esthétique et ne dépassent pas 10 % du champ de vision de l'occupant, défini pour ces besoins comme un angle de ±45° par rapport à un axe horizontal et un angle de ±45° par rapport à un axe vertical dans l'hémisphère supérieur etlimité par le bureau ou d'autres meubles dans l'hémisphère inférieur.

Plafond	80% +	* Maintenir la hauteur des cloisons à 1.2 – 1.5 m pour améliorer la réparition de la lumière dans l'espace fermé. Se reporter également au document D08 – Évaluation de l'environnement acoustique pour définir d'autres caractéristiques souhaitables.
Murs	40 – 70%	
Cloisons*	40 – 70%	
Planchers	20 – 30%	
Meubles	25 – 45%	
Matériel	25 – 45%	
Rideaux	40 – 60%	

Tableau 5.3.5 **Facteur moyen de réflexion recommandé d'un local**



Plage recommandée du facteur de réflexion des murs, ρ_w, enfonction de l'éclairement horizontal, E_h, donnant l'éclairement relatif des murs (E_v/E_H). (D. Fisher)

Figure 5.3.3 **Plage recommandée du facteur de réflexion des murs**

5.3.4 Tableaux de donnes techniques types des lampes

Extrait du IES reference handbook 1984; publication autorisée par l'IESNA.

Puissance (W)	Description	Culot	Filament	Durée moyenne nominale (h)	Température initiale approx. du filament (K)	Température maximale d'ampoule nue*		Température du culot		Flux lumineux initial approx. (lm)	Efficacité lumineuse initiale nominale	Dépréciation **
						°C	°F	°C	°F		(lm/W)++	(%)
300	S-14 à intérieur dépoli ou claire	moyen	C-9	1500	2420	41	106	41	106	80	8,0	89
15	A-15 à intérieur dépoli	moyen	C-9	2500	-	-	-	-	-	126	8,4	83
25	A-19 à intérieur dépoli	moyen	C-9	2500	2550	43	110	42	108	230	9,2	79
34ab	A-19 à intérieur dépoli	moyen	CC-6 or CC-8	1500	-	-	-	-	-	410	12,1	
40	A-19 à intérieur dépoli et blanche #	moyen	C-9	1500	2650	127	260	105	221	455	11,4	87,5
50	A-19 à intérieur dépoli	moyen	CC-6	1000	-	-	-	-	-	680	13,6	-
52ac	A-19 claire ou à intérieur dépoli	moyen	CC-8	1000	-	-	-	-	-	800	15,4	-
55a	A-19 claire ou blanche	moyen	CC-8	1000	-	-	-	-	-	870	15,8	-
60	A-19 à intérieur dépoli et blanche #	moyen	CC-6	1000	2790	124	25	93	200	860	14,3	93
67ad	A-19 à intérieur dépoli ou claire	moyen	CC-8	750	-	-	-	-	-	1130	16,9	-
70a	A-19 claire ou blanche	moyen	CC-8	750	-	-	-	-	-	1190	17,0	-
75	A-19 à intérieur dépoli et blanche #	moyen	CC-6	750	2840	135	275	96	205	1180	15,7	92
90a	A-19 claire à intérieur ou dépoli	moyen	CC-8	750	-	-	-	-	-	1620	18,0	-
95a	A-19 claire ou blanche	moyen	CC-8	750	-	-	-	-	-	1710	18,0	-
100	A-19 à intérieur dépoli et blanche #	moyen	CC-8	750	2905	149	300	98	208	1740	17,4	90,5
100$	A-19 à intérieur dépoli et blanche	moyen	CC-8	1000	-	-	-	-	-	1680	16,8	-
100	A-21 à intérieur dépoli	moyen	CC-6	750	2880	127	260	90	194	1690	16,9	90
135a	A-21 claire ou à intérieur dépoli	moyen	CC-8	750	-	-	-	-	-	2580	19,1	-
150	A-21 à intérieur dépoli	moyen	CC-8	750	2960	-	-	-	-	2880	19,2	89
150	A-21 blanche	moyen	CC-8	750	2930	-	-	-	-	2790	18,6	89
150	A-23 à intérieur dépoli, claire ou blanche	moyen	CC-6	750	2925	138	280	99	210	2780	18,5	89
150	PS-25 claire ou à intérieur dépoli	moyen	C-9	750	2910	143	290	99	210	2780	17,7	87,5

Figure 5.3.4 **Lampes universelles, tensions de 115, de 120 et de 125 volts (conviennent à toute position de fonctionnement mais la maintenance du flux lumineux des lampes de 40 à 1 500 watts est optimale lorsqu'elles sont montées à la verticale, le culot en haut)**

Puissance (W)	Description	Culot	Filament	Durée moyenne nominale (h)	Température initiale approx. du filament (K)	Température maximale d'ampoule nue*		Température du culot		Flux lumineux initial approx. (lm)	Efficacité lumineuse initiale nominale	Dépréciation **
						°C	°F	°C	°F		(lm/W)++	(%)
200	A-23 à intérieur dépoli, blanche ou claire	moyen	CC-8	750	2980	174	345	107	225	4000	20,0	89,5
200	PS-25 claire ou à intérieur dépoli	moyen	CC-6	750	–	–	–	–	–	3800	19,0	–
200	PS-30 claire ou à intérieur dépoli	moyen	C-9	750	2925	152	305	99	210	3700	18,5	85
300	PS-25 claire ou à intérieur dépoli	moyen	CC-8	750	3015	205	401	112	234	6360	21,2	87,5
300	PS-25 claire ou à intérieur dépoli	moyen	C-9	750	3000	135	275	79	175	6100	20,3	82,5
300	PS-25 claire ou à intérieur dépoli	Goliath	CC-8	1000	–	–	–	–	–	5960	19,8	–
300	PS-25 claire ou à intérieur dépoli	Goliath	C-9	1000	2980	166	330	102	215	5860	19,6	86
500	PS-35 claire ou à intérieur dépoli	Goliath	CC-8	1000	3050	213	415	79	175	10600	21,2	89
500	PS-40 claire ou à intérieur dépoli	Goliath	C-9	1000	2945	199	390	102	215	10140	20,3	–
750	PS-52 claire ou à intérieur dépoli	Goliath	C-7A	1000	2990	–	–	–	–	15660	20,9	–
750	PS-52 claire ou à intérieur dépoli	Goliath	CC-8 or 2CC-8	1000	3090	–	–	–	–	17000	22,6	89
1000	PS-52 claire ou à intérieur dépoli	Goliath	C-7A	1000	2995	249	480	113	235	21800	21,8	–
1000	PS-52 claire ou à intérieur dépoli	Goliath	CC-8 or 2CC-8	1000	3100	–	–	–	–	23600	23,6	89
1500	PS-52 claire ou à intérieur dépoli	Goliath	C-7A	1000	3095	266	510	129	265	34000	22,6	78

* Lampe montée le culot en haut, sous une température ambiante de 25 °C (77 °F).
\+ À la jonction du culot et de l'ampoule.
++ Pour des lampes de 120 volts.
$ Utilisée principalement au Canada.
\# Le flux lumineux et l'efficacité lumineuse des lampes blanches sont généralement inférieurs à ceux des lampes à intérieur dépoli.
** Pourcentage du rendement lumineux initial à 70 % de la durée de vie nominale.

a. Puissance réduite, rendement normalisé élevé, 120 et 130 volts.
b. Substitut d'une lampe de 40 watts.
c. Substitut d'une lampe de 60 watts.
d. Substitut d'une lampe de 75 watts.

Figure 5.3.4 **Lampes universelles, tensions de 115, de 120 et de 125 volts (conviennent à toute position de fonctionnement mais la maintenance du flux lumineux des lampes de 40 à 1 500 watts est optimale lorsqu'elles sont montées à la verticale, le culot en haut)** (suite)

Puissance (W)	Description	Culot	Filament	Durée moyenne nominale (h)	Longueur hors tout maximale		Longueur moyenne du foyer lumineux		Flux lumineux initial approx. (lm)	Efficacité lumineuse initiale nominale (lm/W)	Dépréciation du flux lumineux + (%)
					(mm)	(po.)	(mm)	(po.)			
25*	A-19 à intérieur dépoli	moyen	C-17	1000	100	3 15/16	64	2 1/2	230	9,2	–
50	A-19 à intérieur dépoli	moyen	C-22	1000	100	3 15/16	64	2 1/2	480	9,6	76
75*	A-21 à intérieur dépoli	moyen	C-22 or C-17	1000	113	4 7/16	73	2 7/8	750	10,0	–
100	A-21 à intérieur dépoli	moyen	C-17	1000	135	5 5/16	98	3 7/8	1250	12,5	79
150*	A-23 à intérieur dépoli	moyen	C-17	1000	154	6 1/16	111	4 3/8	2130	14,2	–
150	PS-25 à intérieur dépoli	moyen	C-17	1000	176	6 16/16	133	5 1/4	2130	14,2	80
200*	PS-30 à intérieur dépoli ou claire	moyen	C-9	1000	205	8 1/16	152	6	3380	16,9	82,5
200*	A-23 à intérieur dépoli ou claire	moyen	C-17	1000	154	6 1/16	111	4 3/8	3380	16,9	–

* non livrable pour 115 volts.
** Pourcentage du rendement lumineux initial à 70 % de la durée de vie nominale.

Figure 5.3.5 **Lampes pour service dur, tensions de 115, de 120 et de 130 volts (peuvent être montées dans toute position)**

Puissance (W)	Description	Culot	Filament	Longueur hors tout maximale (mm)	Longueur hors tout maximale (po.)	Longueur moyenne du foyer lumineux (mm)	Longueur moyenne du foyer lumineux (po.)	Flux lumineux initial approx. (lm)	Efficacité lumineuse initiale nominale (lm/W)	Dépréciation du flux lumineux + (%)
15	A-15 à intérieur dépoli	moyen	C-9 89	3 1/2	60	2 3/8	125	8,3	83	
25	A-19 à intérieur dépoli	moyen	C-9 100	3 15/16	64	2 1/2	235	9,4	79	
34#	A-19 à intérieur dépoli	moyen	CC-6 or CC-8	113	4 7/16	76	3	390	11,5	-
40	A-19 à intérieur dépoli	moyen	C-9 108	4 1/4	73	2 7/8	420	10,5	87,5	
52#	A-19 à intérieur dépoli	moyen	CC-8 113	4 7/16	79	3 1/8	740	14,2	-	
60	A-19 à intérieur dépoli	moyen	CC-6 113	4 7/16	79	3 1/8	775	12,9	91,5	
67#	A-19 à intérieur dépoli	moyen	CC-8 113	4 7/16	79	3 1/8	950	14,2	-	
90#	A-19 à intérieur dépoli	moyen	CC-8 113	4 7/16	79	3 1/8	1425	15,8	-	
100	A-19 à intérieur dépoli	moyen	CC-8 113	4 7/16	79	3 1/8	1490	14,9	92,5	
100	A-21 à intérieur dépoli	moyen	CC-6 135	5 5/16	98	3 7/8	1450	14,5	-	
135#	A-19 à intérieur dépoli et claire	moyen	CC-8 137	5 3/8	102	4	2200	16,3	-	
150	A-23 à intérieur dépoli et claire	moyen	CC-6 160	6 5/16	117	4 5/8	2350	15,7	89	
150	PS-25 à intérieur dépoli et claire	moyen	C-9 176	6 15/16	133	5 1/4	2300	15,3	85,5	
200	A-23 à intérieur dépoli et claire	moyen	CC-8 157	6 3/16	177	4 5/8	3410	17,0	87,5	
200	A-25 à intérieur dépoli et claire	moyen	CC-6 176	6 15/16	133	5 1/4	3250	16,2	-	
200	PS-25 à intérieur dépoli et claire	moyen	CC-6 176	6 15/16	133	5 1/4	3220	16,1	-	
200	PS-30 à intérieur dépoli et claire	moyen	C-9 205	8 1/16	152	6	3260	16,3	81	
300	PS-30 à intérieur dépoli et claire	moyen	C-9 205	8 1/16	152	6	5190	17,3	79	
300	PS-30 à intérieur dépoli et claire	Goliath	C-9 238	9 3/8	178	7	5190	17,3	84	
500	PS-40 à intérieur dépoli et claire	Goliath	C-9 248	9 3/4	178	7	9070	18,1	80	
750	PS-52 claire	Goliath	C-7A 332	13 1/16	241	9 1/2	14200	18,9	83	
1000	PS-52 claire	Goliath	C-7A 332	13 1/16	241	9 1/2	19800	19,8	78	
1500	PS-52 claire	Goliath	C-7A 332	13 1/16	241	9 1/2	30000	20,0	-	
Tensions 230, 240 et 250 volts										
Puissance (W)	Description	Culot	Filament	Longueur hors tout maximale (mm)	Longueur hors tout maximale (po.)	Longueur moyenne du foyer lumineux (mm)	Longueur moyenne du foyer lumineux (po.)	Flux lumineux initial approx. (lm)	Efficacité lumineuse initiale nominale (lm/W)	Dépréciation du flux lumineux + (%)
100	A-21 à intérieur dépoli et claire	moyen	C-7A or C-9	133	5 1/4	98	3 7/8	1070	10,7	-
150	PS-25 à intérieur dépoli et claire	moyen	C-7A or C-9	176	6 15/16	133	5 1/4	1840	12,3	-
200	PS-30 à intérieur dépoli et claire	moyen	C-7A or C-9	205	8 1/16	152	6	2590	13,0	-
300	PS-35 à intérieur dépoli et claire	Goliath	C-7A 238	9 3/8	178	7	4290	14,3	-	
500	PS-40 à intérieur dépoli et claire	Goliath	C-7A 248	9 3/4	178	7	7930	15,9	-	
750*	PS-52 claire	Goliath	C-7A 332	13 1/16	241	9 1/2	13600	18,2	-	
1000*	PS-52 claire	Goliath	C-7A 332	13 1/16	241	9 1/2	18900	18,9	78	
1500*	PS-52 claire	Goliath	C-7A 332	13 1/16	241	9 1/2	27000	18,0	-	

* Durée de vie 2 000 heures.

\+ Des lampes de certaines puissances pour des tensions de 120, de 125 et de 130 volts sont également livrables avec une durée de vie nominale de 3 000 à3 500 heures.

\# Puissance réduite, grande efficacité lumineuse.

Figure 5.3.6 **Lampes à incandescence pour service prolongé (durée de vie nominale 2 500 heures) +E**

Puissance (W)	Description	Position de fonctionnement	Culot	Filament	Durée moyenne nominale (h)	Longueur hors tout maximale		Longueur moyenne du foyer lumineux		Flux lumineux initial approx. (lm)	Efficacité lumineuse initiale nominale (lm/W)	Dépréciation du flux lumineux * (%)
						(mm)	(po.)	(mm)	(po.)			
25	A-19 à intérieur dépoli ou claire	Sans conséquence	moyen	C-9	1000	100	3 15/16	64	2 1/2	260	10,4	-
50	A-19 à intérieur dépoli ou claire	Non à l'horizontale	moyen	C-9	1000	100	3 15/16	64	2 1/2	550	11,0	72
75	A-21 à intérieur dépoli ou claire	Non à l'horizontale	moyen	C-9	1000	133	5 1/4	98	3 7/8	935	12,5	-
100	A-23 à intérieur dépoli ou claire	Sans conséquence	moyen	C-9	1000	151	5 15/16	113	4 7/16	1340	13,4	83
100	A-21 à intérieur dépoli ou claire	Non à l'horizontale	moyen	C-9	1000	135	5 5/16	98	3 7/8	1400	14,0	-
150	A-25 à intérieur dépoli ou claire	Sans conséquence	moyen	C-9	1000	176	6 15/16	133	5 1/4	2390	15,9	-

* Pourcentage du rendement lumineux initial à 70 % de la durée de vie nominale.

Figure 5.3.7 **Lampes résistant aux vibrations, tensions de 120 et de 130 volts**

Puissance (W)	Courant	Ampoule et fini	Culot *	Filament	Longueur hors tout maximale		Longueur moyenne du foyer lumineux		Durée nominale (heures)	Flux lumineux initial approx. (lm)	Efficacité lumineuse initiale nominale (lm/W)	Dépréciation du flux lumineux + (%)	Température de couleur approximative (K)
					(mm)	(po.)	(mm)	(po.)					
200	120	T-3 claire	RSC	CC-8	79	3 1/8	–	–	1500	3460	17,3	96	2900
300	120	T-3 claire	RSC	C-8	119	4 11/16	–	–	2000	5950	19,9	96	2950
300	120	T-3 dépolie	RSC	CC-8	119	4 11/16	–	–	2000	5900	19,3	96	2950
300	120	T-3 claire	RSC	CC-8	79	3 1/8	–	–	2000	5650	18,5	–	2900
300	120	T-4 claire	RSC	CC-8	79	3 1/8	–	–	2000	5650	18,9	96	3000
300	130	T-4 claire	RSC	CC-8	79	3 1/8	–	–	2000	5650	18,9	–	3000
300	120	T-4 dépolie	RSC	CC-8	79	3 1/8	–	–	2000	5300	17,7	–	3000
350	**	T-3 réflecteur IR	RSC	C-8	119	4 11/16	–	–	2000	10000	28,6	95	–
400	**	T-3 claire	RSC	CC-8	119	4 11/16	–	–	2000	9000	22,5	–	–
400	120	T-4 claire	RSC	CC-8	79	3 1/8	–	–	2000	7750	19,4	96	2950
400	125	T-4 claire	RSC	CC-8	79	3 1/8	–	–	2000	7500	18,7	–	3000
400	130	T-4 claire	RSC	CC-8	79	3 1/8	–	–	2000	7800	19,5	–	3000
500	120	T-3 claire	RSC	C-8$	119	4 11/16	–	–	1500	10500	20,8	96	–
500	120	T-3 claire	RSC	C-8	119	4 11/16	–	–	2000	10950	21,9	96	3000
500	120	T-3 dépolie	RSC	C-8	119	4 11/16	–	–	2000	10700	21,4	96	3000
500	125	T-3 claire	RSC	C-8	119	4 11/16	–	–	2000	10500	21,0	–	3000
500	130	T-3 claire	RSC	C-8	119	4 11/16	–	–	2000	10750	21,5	96	3000
900	***	T-3 réflecteur IR	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	32000	35,6	95	–
900	277	T-3 réflecteur IR	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	31000	34,4	95	–
1000	120	T-6 claire	RSC ou (rectang.)	CC-8	143	5 5/8	–	–	2000	23400	23,4	96	3000
1000	120	T-6 claire	RSC ou (rectang.)	CC-8	143	5 5/8	–	–	4000	19800	19,8	93	2950
1000	120	T-6 dépolie	RSC ou (rectang.)	CC-8	143	5 5/8	–	–	2000	22700	22,7	96	3000
1000	120	T-6 claire	RSC ou (rectang.)	CC-8	143	5 5/8	–	–	500	24500	24,5	–	3100
1000	220	T-3 claire	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	21400	21,4	96	3000
1000	240	T-3 claire	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	21400	21,4	96	3000
1000	***	T-3 claire	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	29000	24,2	–	–
1250	208	T-3 claire	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	28000	22,4	96	–
1500	208	T-3 claire	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	35800	23,0	96	3050
1500	220	T-3 claire	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	35800	23,2	96	3050
1500	240	T-3 claire	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	35800	23,2	96	3050
1500	240	T-3 dépolie	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	32000	21,3	–	3050
1500	277	T-3 claire	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	33700	22,5	96	3050
1500	277	T-3 dépolie	RSC	C-8	256	10 1/16	–	–	2000	31600	21,0	–	3050
5	12	T-3 claire	G4	C-6	31	1 7/32	–	–	2000	60	12	–	3000
Types à culot unique													
10	6	T-3 claire	G4	C-6	31	1 7/32	–	–	2000	120	12	–	3000
10	12	T-3 claire	G4	C-6	31	1 7/32	–	–	2000	–	–	–	3000
20	++	T-3 claire	G4	C-6	31	1 7/32	–	–	2000	350	17,5	–	3000

Figure 5.3.8 **Lampes à halogène pour éclairage général (toute position de fonctionnement sauf indication contraire)**

Puissance (W)	Courant	Ampoule et fini	Culot *	Filament	Longueur hors tout maximale		Longueur moyenne du foyer lumineux		Durée nominale (heures)	Flux lumineux initial approx. (lm)	Efficacité lumineuse initiale nominale (lm/W)	Dépréciation du flux lumineux + (%)	Température de couleur approximative (K)
					(mm)	(po.)	(mm)	(po.)					
50	12	T-4 claire	GY 6.35	C-6	44	1 23/32	–	–	2000	950	19	–	3000
50	24	T-4 claire	GY 6.35	C-6	44	1 23/32	–	–	2000	900	18	–	3000
75	28	T-3 claire	Miniature	CC-6	60	2 3/8	30	1 3/16	2000	1400	21,4	–	3000
100	12	T-3.5 claire	Cand. miniature		57	2 1/4	–	–	1000	2500	25,0	–	–
100	12	T-4 claire	GY 6.35	C-6	44	1 23/32	–	–	2000	2500	25	–	3000
100	24	T-4 claire	GY 6.35	C-6	44	1 23/32	–	–	2000	2000	20	–	3000
100	120	T-4 claire	Cand. miniature	–	70	2 3/4	–	–	1000	1800	18,0	–	–
100	120	T-4 dépolie	Cand. miniature	–	70	2 3/4	–	–	1000	1750	17,5	–	–
100	120	T-4 claire	Baïon. à 2 plots	–	62	2 7/16	–	–	1000	1800	18,0	–	–
100	120	T-4 dépolie	Baïon. à 2 plots	–	62	2 7/16	–	–	1000	1750	17,5	–	–
150	120	T-4 claire	Cand. miniature	CC-2V	70	2 3/4	–	–	1500	2900	19,3	–	3000
150	120	T-4 claire	Baïon. à 2 plots	CC-2V	62	2 7/16	–	–	1500	2900	19,3	–	3000
150	120	T-4 dépolie	Baïon. à 2 plots	–	62	2 7/16	–	–	1000	2700	18,0	–	–
150	120	T-10 claire ou dépolie	moyen	C-6	105	4 1/8	75	2 15/16	2000	2500	16,7	–	3000
150	120	T-5 claire ou dépolie	Baïon. à 2 plots	C-6	95	3 3/4	–	–	2000	2000	16,7	–	3000
250	120	T-10 claire ou dépolie	moyen	C-6	105	4 1/8	75	2 15/16	2000	4200	16,8	–	3000
250	120	T-5 claire ou dépolie	Baïon. à 2 plots	C-6	95	3 3/4	–	–	2000	4200	16,8	–	3000
250	120	T-4 claire	Cand. miniature	CC-8	79	3 1/8	41	1 5/8	2000	4850	19,4	96	2950
250	120	T-4 dépolie	Cand. miniature	CC-8	79	3 1/8	41	1 5/8	2000	4700	18,8	96	2950
250	120	T-4 claire	Baïon. à 2 plots	CC-8	71	2 13/16	38	1 1/2	2000	4850	19,4	–	2950
250	120	T-4 claire	Baïon. à 2 plots	CC-8	71	2 13/16	41	1 5/8	2000	4850	19,4	96	2950
250	120	T-4 dépolie	Baïon. à 2 plots	CC-8	71	2 13/16	41	1 5/8	2000	4700	18,8	96	2950
250	130	T-4 claire	Cand. miniature	CC-8	79	3 1/8	41	1 5/8	2000	4850	19,4	–	2950
400	120	T-4 dépolie	Cand. miniature	CC-8	92	3 5/8	51	2	2000	8550	21,4	96	3050
400	120	T-4 claire	Cand. miniature	CC-8	92	3 5/8	51	2	2000	8800	22,0	96	3050

Figure 5.3.8 **Lampes à halogène pour éclairage général (toute position de fonctionnement sauf indication contraire)** (suite)

Puissance (W)	Courant	Ampoule et fini	Culot *	Filament	Longueur hors tout maximale		Longueur moyenne du foyer lumineux		Durée nominale (heures)	Flux lumineux initial approx. (lm)	Efficacité lumineuse initiale nominale (lm/W)	Dépréciation du flux lumineux + (%)	Température de couleur approximative (K)
					(mm)	(po.)	(mm)	(po.)					
500	120	T-4 claire	Cand. miniature	CC-8	95	3 3/4	51	2	2000	11500	23,0	-	3000
500	120	T-4 dépolie	Cand. miniature	CC-8	95	3 3/4	51	2	2000	10000	20,0	-	3000
500	120	T-4 dépolie	Baïon. à 2 plots	CC-8	87	3 7/16	54	2 1/8	2000	10100	20,9	96	3000
500	120	T-4 claire	Baïon. à 2 plots	CC-8	87	3 7/17	54	2 1/8	2000	10450	23,0	-	3000
500	130	T-4 claire	Cand. miniature	CC-8	95	3 3/4	51	2	2000	11500	23,0	-	3000
1000	120	T-24 claire	moyen à deux broches	CC-8	233	9 1/2	102	4	3000	22400	22,4	93	3050

* RSC = contact unique en retrait, RSC (rectang.) = contact unique rectangulaire en retrait
** 120, 130 volts
*** 208, 220, 240 volts
+ Pourcentage du rendement lumineux initial à 70 % de la durée de vie nominale.
++ 12 et 24 volts
$ Le filament de cette lampe demeure rectiligne malgré des conditions de service rigoureuses.

Figure 5.3.8 **Lampes à halogène pour éclairage général (toute position de fonctionnement sauf indication contraire) (suite)**

Puissance (W)	Ampoule	Description	Culot	Longueur hors tout maximale (mm)	Longueur hors tout maximale (po.)	Largeur angulaire approx. du faisceau (°)	Flux lumineux approx. du faisceau (lm)	Flux lumineux total approx. (lm)	Intensité lumineuse moyenne approx. **(cd)	Durée nominale (heures)
Lampes R pour éclairage concentré et illumination (réflecteur parabolique)										
30	R-20	Illumination	Moyen	100	3 15/16	85	150	205	290	2000
50	R-20	Illumination	Moyen	100	3 15/16	90	430	435	550	2000
75	R-30	Éclairage concentré	Moyen	136	5 3/8	50	400	850	1730	2000
75	R-30	Illumination	Moyen	136	5 3/8	130	610	850	430	2000
150	R-40	Éclairage concentré	Moyen	165	6 1/2	37	835	1825	7000	2000
150	R-40	Illumination	Moyen	165	6 1/2	110	1550	1825	1200	2000
300	R-40	Éclairage concentré	Moyen	165	6 1/2	35	1800	3600	13500	2000
300	R-40	Illumination	Moyen	165	6 1/2	115	3000	3600	2500	2000
300	R-40a	Éclairage concentré	Moyen	173	6 7/8	35	1800	3600	13500	2000
300	R-40a	Illumination	Moyen	173	6 7/8	115	3000	3600	2500	2000
300	R-40a	Éclairage concentré	Goliath	184	7 1/4	35	1800	3600	13500	2000
300	R-40a	Illumination	Goliath	184	7 1/4	115	3000	3600	2500	2000
500	R-40a	Éclairage concentré	Goliath	184	7 1/4	60	3300	6500	22000	2000
500	R-40a	Illumination	Goliath	184	7 1/4	120	5700	6500	4750	2000
1000	R-60ag	Éclairage concentré	Goliath	257	10 1/8	32	11500	18300	135000	3000
1000	R-60ag	Illumination	Goliath	257	10 1/8	110	15500	18300	15500	3000
Lampes ER pour éclairage concentré et illumination (réflecteur ellipsodal)										
44	ER-30b	Intérieur légèrement dépoli	Moyen	162	6 3/8	--	--	420	440	5000
50	ER-30	Intérieur légèrement dépoli	Moyen	162	6 3/8	--	--	525	--	2000
67	ER-30b	Intérieur légèrement dépoli	Moyen	162	6 3/8	--	--	700	1030	5000
75	ER-40	Intérieur légèrement dépoli	Moyen	162	6 3/8	--	--	850	--	2000
90	ER-30b	Intérieur légèrement dépoli	Moyen	162	6 3/8	--	--	950	1450	5000
90	ER-40	----	Moyen	187	7 3/8	--	--	--	1200	4000
120	ER-40	Intérieur légèrement dépoli	Moyen	187	7 3/8	--	--	1475	--	2000
135	ER-40	----	Moyen	187	7 3/8	--	--	--	2050	4000
Lampes R pour éclairage général d (réflecteur parabolique)										
500	R-52	Faisceau large	Goliath	300	11 3/4	90	--	7750	--	2000
750	R-52	Faisceau large	Goliath	300	11 3/4	110	--	13000	--	2000
1000	R-52a	Faisceau large	Goliath	300	11 3/4	110	--	16300	--	2000
1000	RB-52	Faisceau large	Goliath	322	12 11/16	130	--	18900	--	2000

Figure 5.3.9 **Caractéristiques des réflecteurs des lampes R, ER et PAR pour une tension de 120 volts**

Puissance (W)	Ampoule	Description	Culot	Longueur hors tout maximale (mm)	Longueur hors tout maximale (po.)	Largeur angulaire approx. du faisceau (°)	Flux lumineux approx. du faisceau (lm)	Flux lumineux total approx. (lm)	Intensité lumineuse moyenne approx. **(cd)	Durée nominale (heures)
Lampes PAR pour éclairage concentré et illumination e (réflecteur parabolique)										
55*	PAR-38	Éclairage concentré	Moyen chemisé	135	5 5/16	30x30	--	520	--	2000
55*	PAR-38	Illumination	Moyen chemisé	135	5 5/16	60x60	--	520	--	2000
65*	PAR-38	Éclairage concentré	Moyen chemisé	135	5 5/16	30x30	--	--	5100	2000
65*	PAR-38	Illumination	Moyen chemisé	135	5 5/16	60x60	--	--	1850	2000
65*	PAR-38	Éclairage concentré	Moyen chemisé à broches	110	4 5/16	30x30	--	--	--	2000
65*	PAR-38	Illumination	Moyen chemisé à broches	110	4 5/16	60x60	--	--	--	2000
75	PAR-38	Éclairage concentré	Moyen chemisé	135	5 5/16	30x30	465	750	3800	2000
75	PAR-38	Illumination	Moyen chemisé	135	5 5/16	60x60	570	750	1500	2000
80*	PAR-38	Éclairage concentré	Moyen chemisé	135	5 5/16	--	--	--	--	2000
80*	PAR-38	Illumination	Moyen chemisé	135	5 5/16	--	--	--	--	2000
85*	PAR-38	Éclairage concentré	Moyen chemisé	135	5 5/16	30x30	--	--	--	2000
85*	PAR-38	Illumination	Moyen chemisé	135	5 5/16	60x60	--	--	--	2000
90*	PAR-38	Éclairage concentré	Moyen chemisé	135	5 5/16	--	--	--	--	2000
90*	PAR-38	Illumination	Moyen chemisé	135	5 5/16	--	--	--	--	2000
90g	PAR-38	Illumination	Moyen chemisé	135	5 5/16	30x30	735	1450	3580	2000
100	PAR-38	Éclairage concentré	Moyen chemisé	135	5 5/16	30x30	--	1250	--	2000
100	PAR-38	Illumination	Moyen chemisé	135	5 5/16	60x60	--	1250	--	2000
120*	PAR-38	Éclairage concentré	Moyen chemisé	135	5 5/16	30x30	--	1420	12000	2000
120*	PAR-38	Illumination	Moyen chemisé	135	5 5/16	60x60	--	1420	4250	2000
120*	PAR-38	Éclairage concentré	Moyen à broches latérales	110	4 5/16	30x30	--	1420	--	2000

Figure 5.3.9 **Caractéristiques des réflecteurs des lampes R, ER et PAR pour une tension de 120 volts** (suite)

Puissance (W)	Ampoule	Description	Culot	Longueur hors tout maximale (mm)	Longueur hors tout maximale (po.)	Largeur angulaire approx. du faisceau (°)	Flux lumineux approx. du faisceau (lm)	Flux lumineux total approx. (lm)	Intensité lumineuse moyenne approx. **(cd)	Durée nominale (heures)
Lampes PAR pour éclairage concentré et illumination e (réflecteur parabolique) (suite)										
120*	PAR-38	Illumination	Moyen à broches latérales	110	4 5/16	60x60	--	1420	--	2000
150	PAR-38i	Éclairage concentré	Moyen chemisé	135	5 5/16	30x30	1100	1735	11000	2000
150	PAR-38i	Illumination	Moyen chemisé	135	5 5/16	60x60	1350	1735	3700	2000
150	PAR-38	Éclairage concentré	Moyen à broches latérales	110	4 5/16	30x30	1100	1735	11000	2000
150	PAR-38	Illumination	Moyen à broches latérales	110	4 5/16	60x60	1350	1735	3700	2000
200	PAR-46	Éclairage concentré, faisceau étroit	Moyen à broches latérales	102	4	17x23	1200	2325	32500h	2000
200	PAR-46	Illumination, faisceau intermédiaire	Moyen à broches latérales	102	4	20x40	1300	2325	11200h	2000
250	PAR-38g	Éclairage concentré	Moyen chemisé	135	5 5/16	26x26	1600	3180	25000	4000
250	PAR-38g	Illumination	Moyen chemisé	135	5 5/16	60x60	2400	3180	6500	4000
300	PAR-56i	Éclairage concentré, faisceau étroit	Goliath à broches d'extrémité	127	5	15x20	1800	3750	70000h	2000
300	PAR-56i	Illumination, faisceau intermédiaire	Goliath à broches d'extrémité	127	5	20x35	2000	3750	24000h	2000
300	PAR-56i	Illumination, faisceau large	Goliath à broches d'extrémité	127	5	30x60	2100	3750	10000h	2000
500	PAR-64	Éclairage concentré, faisceau étroit	çExtended 3/4	153	6	13x20	3000	6000	110000h	2000
500	PAR-64	Illumination, faisceau intermédiaire	çMog. End3/4	153	6	20x35	3400	6000	35000h	2000
500	PAR-64	Illumination, faisceau large	çProng 3/4	153	6	35x60	3500	6000	12000h	2000
500	PAR-56g	Éclairage concentré, faisceau étroit	Goliath broches d'extrémité	127	5	15x32	4900	7650	96000	4000
500	PAR-56g	Illumination, faisceau intermédiaire	Goliath broches d'extrémité	127	5	20x42	5700	7650	43000	4000

Figure 5.3.9 **Caractéristiques des réflecteurs des lampes R, ER et PAR pour une tension de 120 volts (suite)**

Puissance (W)	Ampoule	Description	Culot	Longueur hors tout maximale (mm)	Longueur hors tout maximale (po.)	Largeur angulaire approx. du faisceau (°)	Flux lumineux approx. du faisceau (lm)	Flux lumineux total approx. (lm)	Intensité lumineuse moyenne approx. **(cd)	Durée nominale (heures)
Lampes PAR pour éclairage concentré et illumination e (réflecteur parabolique)										
500	PAR-56g	Illumination, faisceau large	Goliath broches d'extrémité	127	5	34x66	5725	7650	19000	4000
1000	PAR-64g	Éclairage concentré, faisceau étroit	çExtended 3/4	153	6	14x31	8500	19400	180000	4000
1000	PAR-64g	Illumination, faisceau intermédiaire	çMog. End3/4	153	6	22x45	10000	19400	80000	4000
1000	PAR-64g	Illumination, faisceau large	çProng 3/4	153	6	45x72	13500	19400	33000	4000

* Grande efficacité lumineuse, puissance réduite.
** Du cône central de 10°.
a Ampoule de verre résistant à la chaleur.
b Au krypton.
c Jusqu'à 10 % de l'intensité lumineuse maximale.
d Certains de ces types sont également livrables pour des tensions de 230 à 260 volts.
e Toutes les lampes PAR ont des ampoules en verre moulé résistant à la chaleur.
f Le cône central se définit comme un cône de 5° pour tous les projecteurs d'éclairage concentré et de 10° pour tous les projecteurs d'illumination.
g Lampe à halogène.
h Pour montage horizontal. Peut être légèrement inférieure en montage vertical.
i galement livrable avec un réflecteur antiparasite

Figure 5.3.9 **Caractéristiques des réflecteurs des lampes R, ER et PAR pour une tension de 120 volts (suite)**

	Lampes à allumage rapide						Lampes à préchauffage		Lampes à allumage instantané		
Longueur nominale											
Millimètres	900	1200	2400	2400	2400	1200	1200	1500	1200	2400	2400
Pouces	36	48	96	96	96	48	48	60	48	96	96
Ampoule	T-12	T-12	T-12	T-12	PG-17	PG-17	T-12	T-17	T-12	T-8	T-12
	38-mm	38-mm	38-mm	38-mm	54-mm	54-mm	38-mm	54-mm	38-mm	25-mm	38-mm
Culot	Moyen à deux broches	Moyen à deux broches	À deux plots en retrait	À deux plots en retrait	À deux plots en retrait	À deux plots en retrait	Moyen à deux broches	Goliath à deux broches	À broche unique	À broche unique	À broche unique
Courant dans la lampe (A)	0.453	0.45	0.81	1.58	1.57	1.53	0.45				0.44
Tension aux bornes de la lampe (V)	64	84	134	137	144	64	84				153
Puissance approx. de la lampe (W) a	25	34-35 d	95	185-195	185	95	34	82-84	30-32	40-41	60
Puissance consommée (W) a	30	40	110	215	215	110	40	90	40	50	75
Durée de vie nominale (heures) b	18000	20000	12000	10000-12000	12000	12000	15000	9000	9000	7500	12000
Flux lumineux initial (lm) c											
Blanc froid	2000	2770	8300	13000	14000	6550	2800	6175	2550	3725	5500
Blanc froid de luxe		1925	6000								4000
Blanc chaud	2050	2820	8500		13000		2900				5700
Blanc chaud de luxe		1925	5720								3870
Blanche		2820	8300					6400		3795	5600
Lumière du jour							5400			4800	
Supermarket white		2050									4250
Royal white		2900	8800								5700
Lite-white		2925	8800	13800	14900				2700		5850
Lite white deluxe		2925		8800					2700		5850
Warm lite deluxe		2925		8800					2700		5850
Regal white		2450									5100
Super saver II		3050							2750		6000
3 K		2900	8800						2700		5800
Chroma 50											4100
Optima 50		2025									
Super white		2630									5220
Optima 32		2260									4200
Vita-lite		2010									4015
Ultralume 83		2980									5860
Ultralume 84		2980									5860
Ultralume 85		2980									5860
Colortone 50											4100
Design 50		2250									
SP 30		2900									5950
SP 35		2900	8550								5800
SP 41		2850	8600								5800

* La durée de vie et le rendement lumineux nominaux des lampes fluorescentes sont basés sur l'utilisation de ballasts assurant les caractéristiques de fonctionnement appropriées. Des ballasts qui ne procurent pas les valeurs électriques appropriées risquent de réduire considérablement la durée de vie ou le rendement lumineux de la lampe ou les deux.

a Dans le cas des lampes à allumage rapide, comprend la puissance correspondant à la chaleur de la cathode.

b Durée de vie nominale dans les conditions de service spécifiées avec trois heures de fonctionnement par allumage. Des périodes de fonctionnement plus longues permettent d'obtenir une durée de vie supérieure.

c À 100 heures. Lorsque les lampes de couleur sont fabriquées par divers fabricants, les valeurs en lumens et en footlamberts représentent la moyenne des fabricants.

d galement livrable en 32 watts avec mise en dérivation de la cathode, mais durée de vie réduite.

Remarque : Toutes les valeurs électriques et de flux lumineux ne s'appliquent que dans des conditions photométriques normalisées.

Figure 5.3.10 **Lampes fluorescentes économes d'énergie***

	Lampes circulaires				Lampes en U		Lampes à basse pression						
Longueur nominale (millimètres)	165 diam	210 diam	300diam	400 diam	600	600	900	1200	1200	1200	900	1200	1
(pouces)	6,5 diam	8,25 diam	12 diam	16 diam	24	24	36	48	48	48	36	48	6
Ampoule	T-9	T-9	T-10	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-10	T-8	T-8	
Culot	À 4 broches	À 4 broches	À 4 broches	À 4 broches	Moyen à deux broches	Moyen à deux broches	Moyen à deux broches	Moyen à deux broches	Moyen à deux broches	Moyen à deux broches	Moyen à deux broches	Moyen à deux broches	Moyen à deux broches
Cart des branches					92 mm 3 5/8 po	152 mm 6 po							
Courant approx. dans la lampe (A)	0,38	0,37	0,425	0,415	0,42	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42	0,265	0,265	
Tension approx. aux bornes de la lampe (V)	48	61	81	108	103	100	81	101	101	104	100	135	
Puissance approx. de la lampe (W) f	20	22,5	33	41,5	41	40,5	32,4	41	41	41	25	32	40
Durée de vie nominale (h) b	12000	12000	12000	12000	12000	12000	18000	20000	15000	24000	20000	20000	20000
Dépréciation du flux lumineux de la lampe c		72	82	77	84	81	84						
Flux lumineux initial d													
Blanc froid	800	1065	1870	2580	2900	2935	2210	3150	3250	3200	k	k	k
Blanc froid de luxe		875	1425	2000	2020	2065	1555	2200		2270			
Blanc chaud	825	1065	1835	2550	2850	2965	2235	3175	3250	3250			
Blanc chaud de luxe	630	800	1375	1950	1980	2040	1505	2165					
Blanche		1100	1870	2650	2850	2965	2255	3185	3250	3250			
Lumière du jour		906	1550	2165			1900	2615	2650	2700			
Facteurs permettant de calculer la luminance e													
Candelas par mètre carré	11,5	8,4	4,6	3,3	2,65	2,65	3,58	2,65	2,65	3,18	5,42	4,03	3
Candelas par pied carré	1,07	0,78	0,43	0,31	0,25	0,25	0,33	0,25	0,25	0,30	0,50	0,37	0,30

Figure 5.3.11 **Lampes fluorescentes types à cathode chaude (à allumage rapide) a**

	Lampes à pression intermédiaire									
Longueur nominale (millimètres)	600	750	900	1050	1200	1500	1600	1800	2100	2400
(pouces)	24	30	36	42	48	60	64	72	84	96
Ampoule	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12
Culot	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait
Courant approx. dans la lampe (A)	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.79
Tension approx. aux bornes de la lampe (V)	41		59		78	98		117	135	153
Puissance approx. de la lampe (W) f	37		50		63	75.5		87	100	113
Durée de vie nominale (h) b	9000	9000	9000	9000	12000	12000	12000	12000	12000	12000
Dépréciation du flux lumineux de la lampe c	77		77	77	82	82	82	82	82	82
Flux lumineux initial d										
Blanc froid	1700	2290	2885	3516	4300	5400	5800	6650	7800	9150
Blanc froid de luxe					3050			4550		6533
Blanc chaud	1700				4300	5500		6500		9200
Blanc chaud de luxe										6475
Blanche								6475		9200
Lumière du jour	1400		2476	3100	4300	4650	4900	5600	6867	7800
Facteurs permettant de calculer la luminance e										
Candelas par mètre carré	5.54	4.35	3.58	3.04	2.65	2.1	1.95	1.7	1.44	1.24
Candelas par pied carré	0.51	0.40	0.33	0.28	0.25	0.20	0.18	0.16	0.13	0.12

	Lampes à haute pression									
Longueur nominale (millimètres)	1200	1800	2400	1200	1500	1800	2400	1200	1800	2400
(pouces)	48	72	96	48	60	72	96	48	72	96
Ampoule	T-10 g	T-10 g	T-10 g	T-12 i	T-12	T-12 i	T-12 i	PG-17	PG-17	PG-17
Culot	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait	À 2 plots en retrait
Courant approx. dans la lampe (A)	1.5	1.5	1.5	.1.5	1.5	1.52	1.5	1.5	1.5	1.5
Tension approx. aux bornes de la lampe (V)	80	120	160	84		125	163	84	125	63

Figure 5.3.11 **Lampes fluorescentes types à cathode chaude (à allumage rapide)** a (suite)

	Lampes à haute pression (suite)									
Puissance approx. de la lampe (W) f	105 h	150 h	205 h	116		168	215	116	168	215
Durée de vie nominale (h) b	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000	9000
Dépréciation du flux lumineux de la lampe c	66	66	66	69		72	72	69	69	69
Flux lumineux initial d										
Blanc froid	6700 h	10000 h	14000 h	6900	8950	10640	15250	7450	11500	16000
Blanc froid de luxe	4690 h	7000 h	9800	4900		7400	10750	5200		12000
Blanc chaud				6700		10500	14650	7000		15000
Blanche						10500	15000			
Lumière du jour				5700		9300	12650	6000	9300	13300
Facteurs permettant de calculer la luminance e										
Candelas par mètre carré	3,18	2,04	1,49	2,65	2,1	1,7	1,24	1,91 j	1,2 j	0,89 j
Candelas par pied carré	0,30	0,19	0,14	0,25	0,20	0,16	0,12	0,18 j	0,11 j	0,08 j

a La durée de vie et le rendement lumineux nominaux des lampes fluorescentes sont basés sur l'utilisation de ballasts assurant les caractéristiques de fonctionnement appropriées. Des ballasts qui ne procurent pas les valeurs électriques appropriées risquent de réduire considérablement la durée de vie ou le rendement lumineux de la lampe ou les deux.

b Durée de vie nominale dans les conditions de service spécifiées avec trois heures de fonctionnement par allumage. Des périodes de fonctionnement plus longues permettent d'obtenir une durée de vie supérieure.

c Pourcentage du rendement lumineux initial à 70 % de la durée de vie nominale trois heures passé l'allumage. Moyenne des lampes blanc froid. Valeurs approximatives.

d A 100 heures. Lorsque les lampes sont fabriquées par divers fabricants, le rendement lumineux correspond à la moyenne des fabricants. Pour obtenir le rendement lumineux des lampes fluorescentes d'autres couleurs, multiplier le rendement lumineux des lampes blanc froid par le rendement lumineux relatif du tableau ci-dessous.

e Pour calculer la luminance approximative d'une lampe, multiplier lé flux lumineux de la lampe de la couleur voulue par le facteur pertinent. Ces facteurs ont été dérivés selon la méthode de E.A. Lindsay dans "Brightness of Cylindrical Fluorescent Sources", Illuminating Engineering, Vol. XXXIX, January 1944, p. 23.

f Comprend la puissance correspondant à la chaleur de la cathode.

g Le modèle T-10 peut être muni d'une enveloppe protectrice lorsque les lampessont directement exposées aux basses températures.

h Valeur de crête. A 25 °C (77 °F), les valeurs en lumens et en watts sont plus faibles.

i Livrable en plusieurs types (extérieur, basse température, avec enveloppe protectrice) ayant les mêmes valeurs nominales ou des valeurs légèrement différentes.

j Luminance moyenne pour la partie centrale de la lampe. Certaines parties dela surface de la lampe ont une grande luminance.

k Voici le flux lumineux initial des lampes de couleur 3100 K et 4100 K (GTE Sylvania) : 25 W - 2150 lm; 32 W - 2900 lm; 40 W - 3650 lm.

Remarque : Toutes les valeurs électriques et de flux lumineux ne s'appliquent que dans des conditions photométriques normalisées.

Figure 5.3.11 **Lampes fluorescentes types à cathode chaude (à allumage rapide) a** (suite)

Rendement lumineux relatif approximatif de lampes fluorescentes de diverses couleurs comparé à celui des lampes fluorescentes blanc froid		
Bleue	0.04 3/4	
Verte	1.38 3/4	
Rose	0.37 3/4A	
Or	0.72 3/4	
Rouge	0.06 3/4	
Naturelle**	0.67 3/4	
Blanc doux (nouveau-3000 K)	3/4B	
Vert froid	0.83 3/4	
À incandescence/fluorescente	(GTE Sylvania)	0.55
Modern White Deluxe	(North America Phillips Lamp)	0.77
Sign White	(GE)	0.76
Design White	(GTE Sylvania)	0.78
Supermarket White	(North American (Phillips Lamp)	0.74
Optima 32	(Duro-Test)	0.76
Super White	(Duro-Test)	0.93
Turquoise	(Duro-Test)	0.96
Super Deluxe 45	(Duro-Test)	0.79
Daylight 65	(Duro-Test)	0.65
Vita-Lite, Vita-Lux	(Duro-Test)	0.69
Ultralume 83, 84, 85	(North American Phillips Lamp)	0.92
Lite White Deluxe	(GTE Sylvania)	1.0
3 K	(GTE Sylvania)	1.0
Colour 86	(Phillips Electronics, Canada)	1
Indice de rendu des couleurs élevé, 5000 K	0	
Chroma 50 (GE), Colortone 50 (North American Phillips) et Colour-Matcher 50, Colour Classer 50, Optima Magnalux (Duro-Test).		
Indice de rendu des couleurs élevé, 7500 K	0.6	
Chroma 75 (GE), Colortone 75 (North American Ph Lamp), et Colour Classer 75, and Color-Matcher 75 (Duro-Test).		
Lite White +	(GE, North American Phillips et GTE Sylvania)	0.6
Royal White	(GTE Sylvania)	1.03
Regal White	(GE)	0.90

* Anciennement blanc doux/naturelle.

\+ Livrable maintenant comme lampe fluorescente économe d'énergie seulement. Consulter les fabricants de lampes au sujet de la disponibilité et du rendement lumineux des lampes de couleur d'autres tailles.
La plupart des fabricants de lampes fournissent diverses tailles de lampes dans les couleurs des groupes A et B. Les lampes des autres couleurs sont généralement fournies par un seul fabricant dans quelques tailles seulement. Les lampes à préchauffage/allumage rapide de 40 watts sont livrables dans presque toutes les couleurs. Consulter les fabricants de lampes au sujet de la disponibilité et du rendement lumineux des lampes de couleur d'autres tailles.

Figure 5.3.11 **Lampes fluorescentes types à cathode chaude (à allumage rapide) a** (suite)

Désignation	Puissance (W)	Longueur hors tout maximale (mm)	Longueur hors tout maximale (pouces)	Ampoule	Culot	Courant approximatif dans la lampe (A)	Tension approximative aux bornes de la lampe (V)	Durée nominale	Flux lumineux initial (lm) h	Dépréciation du flux lumineux	Indice de rendu des couleurs
Dulux e	5	105	4 1/8	T-4 k	G23	0.18	40	10000	250	--	86
F7TT/SPX27 b 3/4 F7TT/27K d 3/4 Dulux e 3/4	7	135	5 5/16	T-4 k	G23	0.18	45	10000	400	83	84
PL7/82 c	7	133	5 1/4	T-4 m	G23	0.18	45	10000	400	--	82
F9TT/SPX27 b 3/4 F9TT/27K d 3/4 Dulux e 3/4	9	167	6 9/16	T-4 k	G23	0.23	59	10000	600	85	84
PL9/82 d	9	165	6 1/2	T-4 m	G23	0.18	59	10000	600	--	82
Dulux-D e	9	116	4 9/16	T-4 k	G24	0.185	66	10000	600	--	85
PL13/82 c	13	188	7 7/16	T-4 m	GX23	0.30	60	10000	900	--	82
F13TT/27K d	13	188	7 7/16	T-4 k	GX23	0.30	60	10000	900	--	82
Dulux e	13	177	6 31/32	T-4 k	GX23	0.30	60	10000	900	--	86
Dulux-D 3	13	146	5 3/4	T-4 k	G24	0.175	92	10000	900	--	85
2D g	16	135	5 5/16	T-4 q	r	0.20	97	10000	1050	--	82
Dulux e	17	170	6 11/16	T-4 k	G24	0.24	106	10000	1250	--	85
SL-18 c	18	183	7 3/16	n	Med.	0.24	--	7500	1100	--	81
Delux-T5 e	18	251	9 7/8	T-5	TBA	0.38	57	10000	1250	--	85
FBU19T8 f	19	222	8 3/4	T-8 o	Med.	--	--	7500	p	--	--
Dulux T5 e	24	362	14 1/4	T-5	TBA	0.34	91	10000	2000	--	85
Dulux-D e	25	190	7 1/2	T-4 k	G24	0.30	114	10000	1800	--	85
Dullux T5 e	35	443	17 7/17	T-5	TBA	0.43	108	10000	2900	--	85

a Pour un fonctionnement de trois heures par allumage
b General Electric
c North American Philips Lighting
d GTE Sylvania
e Osram
f Interlectric
g Thom EMI
h 2700 K colour
k En U, moulé avec des coins carrés
m Tube jumelé avec une petite connexion en haut
n En U incorporé dans un autre U sous une enveloppe en plastique
o Bande en U
p En forme de deux D jumelés
q Culot spécial à deux broches en retrait
r Blanc froid 665, blanc chaud 675 et Tru-lite 520

Figure 5.3.12 **Lampes fluorescentes compactes**

Désignation fabricant Désignation ANSI	48T8			72T8			96T8			U6-96T8 (en épingle à cheveux) d		
	25 mm	45 pouces		25-mm	69-pouces		25-mm	93-pouces		--		
Longueur a												
Millimètres			1125			1725			2325			1125 d
Pouces			45			69			93			45 d
Culot	Capsule de contact 25-mm, T-8			Capsule de contact 25-mm, T-8			Capsule de contact 25-mm, T-8			Capsule de contact 25-mm, T-8		
Ampoule												
Tension eff. d'amorçage à vide												
Type à basse pression			450			600			750			750
Type à haute pression			600			750			835			835
Courant dans la lampe (mA) b	120	150	200	120	150	20	120	150	200	120	150	20
Tension aux bornes – type à basse pression	250	240	--	330	310	--	420	400	--	420	400	--
Tension aux bornes – type à haute pression	270	250	240	350	330	310	450	425	400	450	425	400
Puissance de la lampe (W)												
Type à basse pression	26	30	--	34	40	--	42	49	--	42	49	--
Type à haute pression	28	33	40	37	43	52	46	54	65	46	54	65
Flux lumineux initial (lm)												
Blanc chaud c	1100	1300	1600	1700	2000	2350	2300	2700	3400	2300	2700	3400
Blanche (3500 K) c	1050	1250	1550	1650	1900	2300	2250	2650	3300	2250	2650	3300
Blanche (4500 K) c	1000	1200	1500	1600	1850	2200	2200	2600	3200	2200	2600	3200
Lumière du jour c	950	1150	1450	1550	1800	2150	2150	2550	3100	2150	2550	3100
Luminance (candelas par mètre carré)												
Blanc chaud	4040	4800	5860	4350	5140	6100	4490	5240	6610	4490	5240	6610
Blanche (3500)	3940	4590	5690	4250	5040	5930	4385	5140	6440	4385	5140	6440
White (4500)	3770	4385	5480	4145	4930	5650	4280	5070	5820	4280	5070	5820
Lumière du jour	3770	4210	5310	4080	4830	5480	4210	4970	5650	4210	4970	5650
Durée de vie nominale (en milliers d'heures) e												
Type à basse pression	15	12.5	--	15	12.5	--	18	16	--	18	16	--
Type à haute pression	25	20	15	25	20	15	30	25	20	30	25	20

a Sans support
b Les lampes admettent un courant de service jusqu'à 200 mA
c Valeur initiale des types à basse pression et à haute pression après 100 heures de fonctionnement. Les lampes sont livrables dans d'autres couleurs.
d Longueur prolongée 2325 millimètres (93 pouces), en U avec un arc de 180° etde 150 mm (6 pouces) de longueur.
e Le nombre d'allumages n'influe pas sur la durée de vie.

Figure 5.3.13 **Lampes fluorescentes types à allumage instantané à cathode froide**

Puissance nominale (W)	4	6	8	13	14	15	15	20	25	25	30	40	
Longueur nominale (millimètres)	50	225	300	525	375	450	450	600	700	825	900	1200	
(pouces)	6	9	12	21	15	18	18	24	28	33	36	48	60
Ampoule	T-5	T-5	T-5	T-5	T-12	T-8	T-12	T-12	T-12	T-12	T-8	T-12	ou T-17
Culot (à deux broches)	(16 mm) miniature	(16 mm) miniature	(16 mm) miniature	(16 mm) miniature	(38 mm) moyen	(38 mm) moyen	(38 mm) moyen	(38 mm) moyen	(38 mm) moyen	(38 mm) moyen	(25 mm) moyen	(38 mm) moyen	
Courant approx. dans la lampe (A)	0,17	0,16	0,145	0,165	0,38	0,305	0,325	0,38	0,46	0,46	0,355	0,43	
Tension approx. aux bornes	29	42	57	95	40	55	47	57	63	61	99	101	
Puissance approx. (W)	4,5	6,0	7,2	13	14	14	14,5	20,5	25	25,5	30,5	40	
Courant de préchauffage - max. (A)	0,25	0,25	0,25	0,27	0,65	0,65	0,65	0,65	0,95	0,95	0,65	0,75	
Courant de préchauffage - min. (A)	0,16	0,16	0,16	0,18	0,44	0,44	0,44	0,44	0,41	0,42	0,40	0,55	
Durée de vie nominale (h) b	6000	7500	7500	7500	9000	7500	9000	9000	7500	7500	7500	20000	9000
Dépréciation du flux lumineux c	67	67	75	72	82	79	81	85	79	79	79	82	85
Flux lumineux initial d													
Blanc froid	138	293	400	833	687	873	793	1270	1725	1915	2200	3150	
Blanc froid de luxe	105	205	280	---	---	610	537	858	---	---	1555	2200	
Blanc chaud	127	290	400	880	710	880	800	1310	---	1935	2235	3175	
Blanc chaud de luxe	85	180	275	580	476	610	532	848	---	---	1505	2165	
Blanche	138	272	405	880	710	880	800	1290	---	1925	2255	3185	
Lumière du jour	115	230	333	750	593	750	650	1050	1450	1636	1900	2615	
Facteurs permettant de calculer la luminance (Candelas par mètre carré)	78,9	44,4	31,4	15,2	10,3	12,0	8,0	5,5	4,68	3,93	5,4	2,65	2,1, 1,5 f

a La durée de vie et le rendement lumineux nominaux des lampes fluorescentes sont basés sur l'utilisation de ballasts assurant les caractéristiques de fonctionnement appropriées. Des ballasts qui ne procurent pas les valeurs électriques appropriées risquent de réduire considérablement la durée de vie ou le rendement lumineux de la lampe ou les deux.

b Durée de vie nominale dans les conditions de service spécifiées avec trois heures de fonctionnement par allumage. Des périodes de fonctionnement plus longues permettent d'obtenir une durée de vie supérieure.

c Pourcentage du rendement lumineux initial à 70 % de la durée de vie nominale à trois heures de fonctionnement par allumage. Moyenne des lampes blanc froid. Valeurs approximatives.

d À 100 heures. Lorsque les lampes sont fabriquées par divers fabricants, le rendement lumineux correspond à la moyenne des fabricants. Pour obtenir le rendement lumineux des lampes fluorescentes d'autres couleurs, multiplier le rendement lumineux des lampes blanc froid par le rendement lumineux relatif du tableau de la figure 11.

e Pour calculer la luminance approximative d'une lampe, multiplier le flux lumineux de la lampe de la couleur voulue par le facteur pertinent.

f Le premier facteur correspond à la lampe T-12, le second, à la lampe T-17.

Remarque : Toutes les valeurs électriques et de flux lumineux ne s'appliquent que dans des conditions photométriques normalisées.

Figure 5.3.14 **Lampes fluorescentes types à cathode chaude (à préchauffage) a** (publication autorisée par l'IESNA)

Longueur nominale (millimètres)	1050	1600	1800	2400	1200	1500	600	900	1050	1200	1500	1600	1800	21	
pouces)	42	64	72	96	48	60	24	36	42	48	60	64	72	84	96
Ampoule	T-6	T-6	T-8	T-8	T-12	T-17	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12	T-12
Culot	À broche unique	À broche unique	À broche unique	À broche unique	Moyen à 2 broches	Goliath 2 broches	À broche unique	À broche unique	À broche unique	À broche unique	À broche unique	À broche unique	À broche unique	À broche unique	À broche unique
Courant approx. dans la lampe (A)	0,200f	0,200f	0,200f	0,200f	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425	0,425
Tension approx. aux bornes	150	233	220	285	104	107	53	77	88	100	123	131	149	17	
Puissance approx. (W)	25,5	38,5	38	51	40,5	42	21,5	30	34,5	39	48	50,5	57	66	
Durée de vie nominale (h) b	7500	7500	7500	7500	7500–12000	7500–9000	7500–9000	7500–9000	7500–9000	7500–12000	7500–12000	7500–12000	7500–12000	7500–12000	12000
Dépréciation du flux lumineux c	76	77	83	89	83	89	81	82	80	82	78	78	89	91	89
Flux lumineux initial d															
Blanc froid	1835	3000	3030	4265	3100	2900	1065	2000	2350	3000	3585	3865	4650	5400	
Blanc froid de luxe	1267	2100	2100	2910		2020				2065			3175		
Blanc chaud de luxe	1875	3050	3015	4215	3150	2940	1150	2050	2500	3000		3950	4675		
Blanc chaud	1275	2100				1990				2050					
Blanche	1900	2945	3050	4225	3150	2940				3000		3950	4675		
Lumière du jour	1605	2600	3650	3525	2565	2410	1010	1715	2015	2500	3135	3250	3200 3850	4450	
Facteurs permettant de calculer la luminance (candelas par mètre carré) e	6,1	3,93	2,55	1,87	2,65	1,5	5,54	3,58	3,04	2,65	2,1	1,95	1,7	1,44	1,24

a La durée de vie et le rendement lumineux nominaux des lampes fluorescentes sont basés sur l'utilisation de ballasts assurant les caractéristiques de fonctionnement appropriées. Des ballasts qui ne procurent pas les valeurs électriques appropriées risquent de réduire considérablement la durée de vie ou le rendement lumineux de la lampe ou les deux.

b Durée de vie nominale dans les conditions de service spécifiées avec trois heures de fonctionnement par allumage. Des périodes de fonctionnement plus longues permettent d'obtenir une durée de vie supérieure.

c Pourcentage du rendement lumineux initial à 70 % de la durée de vie nominale à trois heures de fonctionnement par allumage. Moyenne des lampes blanc froid. Valeurs approximatives.

d À 100 heures. Lorsque les lampes sont fabriquées par divers fabricants, le rendement lumineux correspond à la moyenne des fabricants. Pour obtenir le rendement lumineux des lampes fluorescentes d'autres couleurs, multiplier le rendement lumineux des lampes blanc froid par le rendement lumineux relatif du tableau de la figure 11.

e Pour calculer la luminance approximative d'une lampe, multiplier le flux lumineux de la lampe de la couleur voulue par le facteur pertinent.

f Le premier facteur correspond à la lampe T-12, le second, à la lampe T-17.

Remarque : Toutes les valeurs électriques et de flux lumineux ne s'appliquent que dans des conditions photométriques normalisées.

Figure 5.3.14 **Lampes fluorescentes types à cathode chaude (à préchauffage) a** (publication autorisée par l'IESNA) (suite)

Désignation des lampes	Longueur nominale (mm)	(pouces)	Tension eff. minimale requise aux bornes de la lampe pour un amorçage fiable a	Courant de service (milliampères)	Puissance consommée approximative (W) i				
						Circuit à une lampe		Circuit à deux lampes	
					Lampe	Ballast	Total	Ballast	Total
Lampe à préchauffage									
4T5	150	6	b	170	4.5	2	6.5		
6T5	225	9	b	160	6	2	8		
8T5	300	12	b	145	7.2	2	9.2		
15T8	450	18	b	305	15	4.5	19.5	9	39
14T12	375	18	b	380	14	5	19	5	33
15T12	450	18	b	325	14.5	4.5	19	9	38
20T12	600	24	b	380	20.5	5	25.5	10	41
25T12	825	33	b	460	25.5	6	31.5		
13T5	525	21	180	165	12	5	18		
30T8	900	36	176	355	30.5	10.5	41	17	78
40T12	1200	48	176	430	40	12	52	16	96
90T17	1500	60	132	1500	90	20	110	24	204
Lampes à allumage instantané, culot à 2 broches									
40T12	1200	48	385	425	40.5	23.5	64	25	106
40T12	1500	60	385	425	42	24	66		
40T17	1500	60	385	425	42	24	66	26	110
Culot à broche unique (lampes Fineligne)									
42T6 d	1050	42	405	200	25.5	13	38.5	21	72
64T6 d	1600	64	540	200	38.5	16	54.5	22	99
72T8 d	1800	72	540	200	38	16	54	31	107
96T8 d	2400	96	675	200	51	16	67		
48T12 (capacitif-inductif)	1200	48	385	425	39			26	104
(série)	1200	48	385	425	39			17	95
72T12 (capacitif-inductif)	1800	72	475	425	57			47	161
(série)	1800	72	475	425	57			25	139
96T12 (capacitif-inductif)	2400	96	565	425	75			40	190
(série)	2400	96	565	425	75			22	172
96T12	2400	96	565	425	75				160
96T12	2400	96	565	440	60				128
Lampes à allumage rapide c									
Basse pression									
20T9 e	165	6 1/2	150	380	19	11.5	30.5		
22T9 e	210	8 1/4	180	370	22.5	11.5	34		
25T8	900	36	170	265	25	5	30	8	58
28T12 j	1200	48	231	330	28				60
32T8	1200	48	200	265	32	5	37	7	71
32T10 e	305	12	200	425	33	12	45		
40T10 e	406	16	205	415	41.5	12.5	54		
30T12	900	36	150	430	33.5	10.5	44		
"32"T12 j	1200	48			32				76
40T8	1500	60	250	265	40	6	46	11	91
40T10	1200	48	200	420	41	13	54	13	95
40T12	1200	48	200	430	41	13	54	13	95

Figure 5.3.15 **Exigences d'alimentation des lampes fluorescentes** (publication autorisée par l'IESNA)

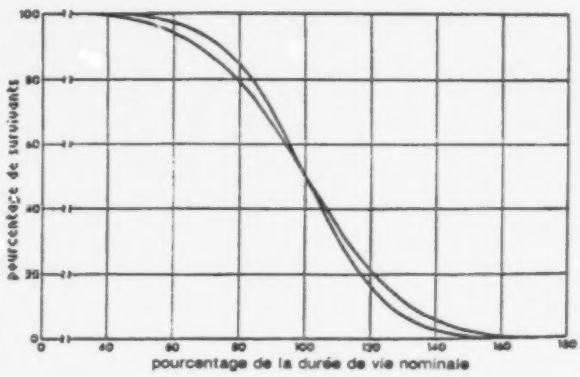
Désignation des lampes	Longueur nominale (mm)	Longueur nominale (pouces)	Tension eff. minimale requise aux bornes de la lampe pour un amorçage fiable a	Courant de service (milliampères)	Puissance consommée approximative (W) i				
						Circuit à une lampe		Circuit à deux lampes	
					Lampe	Ballast	Total	Ballast	Total
40W-U3 f	600	24	200	420	41	13	54	13	95
40W-U6 f	600	24	200	430	40.5	13	53.5	13	94
Pression moyenne									
24T12	600	24	b	800	37		70		115
48T12	1200	48	155	800	63		85		146
72T12	1800	72	260	800	87		106		200
84T12	2100	84	280	800	100		119		213
96T12	2400	96	296	800	113		140		252
Haute pression									
48T12, 48PG17	1200	48	160	1506	116		146		252
72T12, 72PG17	1800	72	225	1500	168		213		326
96T12, 96PG17	2400	96	300	1500	215		260		450
Cathode froide									
96T8LP	2400	96	750	120	42	9	51	17	101
				150	49				
				200	59	19	78	30	148
96T8HP	2400	96	835	120	46	12	58	24	115
				150	54			28	136
				200	65			30	160
Lampes avec ballasts économes d'énergie g									
Lampes à allumage rapide c									
40T12	1200	48	200	430	40	7	47	6	84
40T12 h	1200	48	200	460	34-35		41		74
Lampes Fineligne									
96T12	2400	96	565	425	75				160
96T12 h	2400	96	565	440	60				128
Lampes à allumage rapide c Pression moyenne									
96T12	2400	96	296	800	113				237
96T12 h	2400	96	296	840	95				207

a Entre 10 °C (50 °F) et 43 °C (110 °F). La tension donnée est celle qui est requise aux bornes d'une seule lampe. Un ballast commandant deux lampes à allumage rapide en série exige une tension à vide supérieure d'environ 40% à la valeur donnée ici. Consulter le fabricant de lampes pour de plus amples renseignements.
b Convient au fonctionnement sur des lignes c.a. de 120 watts avec comme ballast une bobine série.
c Nécessite un accessoire d'amorçage.
d Les lampes Fineligne T-6 et T-8 fonctionnent également sur 120 et 300 milliampères.
e La dimension des lampes circulaires correspond au diamètre extérieur nominal.
f Lampe en U.
g. Les ballasts classés par les CBM sont conçus pour commander des lampes fluorescentes standards avec un rendement lumineux classé par les CBM et avec des pertes dues aux ballasts inférieures à celles des ballasts ordinaires. Les données présentées ici sont caractéristiques de ce type deballast pour les trois lampes fluorescentes les plus courantes et pour la lampe fluorescente économe d'énergie qui peut être utilisée comme rechange.
h Lampe fluorescente économe d'énergie.
i La puissance en watts et le rendement lumineux de la lampe varient selon la température de la lampe.
j Type à mise en dérivation de la cathode.

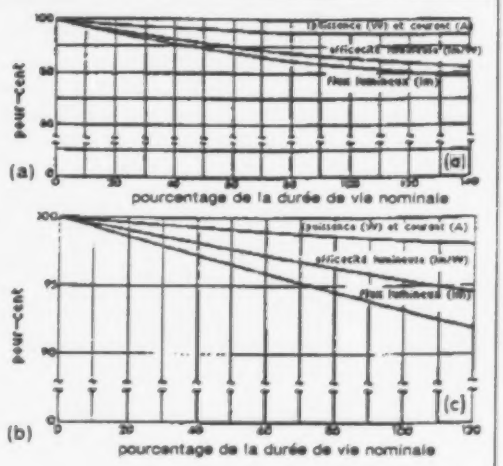
Figure 5.3.15 **Exigences d'allmentation des lampes fluorescentes** (publication autorisée par l'IESNA) (suite)

5.3.5 Caractéristiques de fonctionnement de sources de lumière types

LAMPES À INCANDESCENCE



I. Courbes types de mortalité (moyenne d'un grand nombre - du point de vue statistique - de lampes à incandescence de bonne qualité)

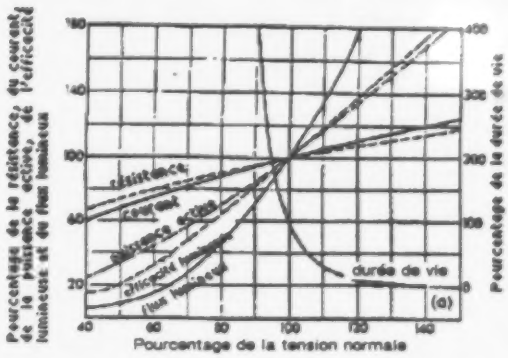


II. Caractéristiques types des lampes en fonction du temps de fonctionnement : a) lampes universelles b) caractéristiques de fonctionnement d'une lampe à halogène *(Noter la différence entre les échelles)*

Ampoule de verre tendre	300 °C
Ampoule de verre dur	435°C-475 °C
Culot cimenté	
ordinaire	175 °C
spécial (haute température)	230 °C
Culot mécanique	225 °C
Culot à deux broches	285 °C

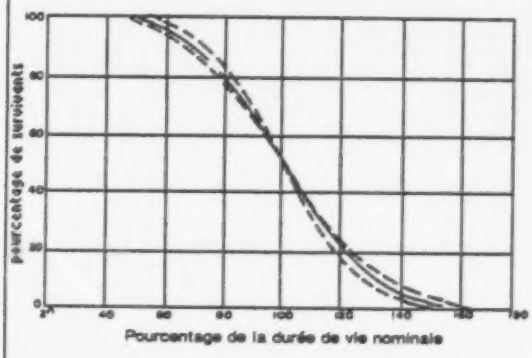
TEMPÉRATURES DE FONCTIONNEMENT MAXIMALES ADMISSIBLES (VALEURS APPROXIMATIVES)

III.

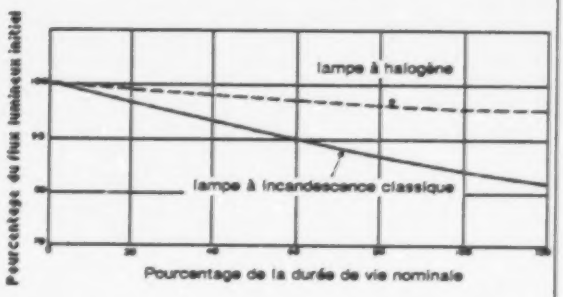


IV. Effet de la variation de tension et de courant sur les caractéristiques des lampes suivantes : a) lampes à incandescence dans des circuits multiples d'éclairage général; b) lampes à incandescence dans des circuits série d'éclairage des rues

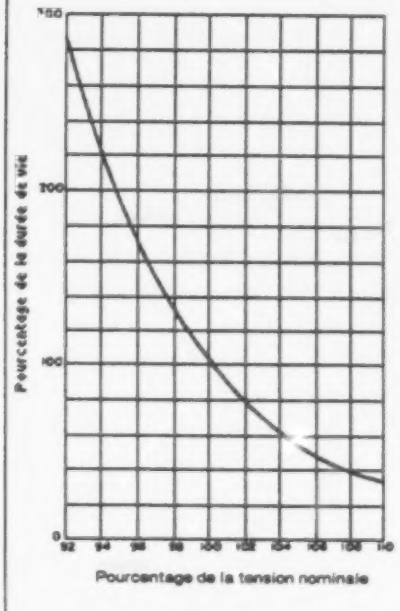
Figure 5.3.16 **Quelques caractéristiques de fonctionnement de lampes à incandescence types**



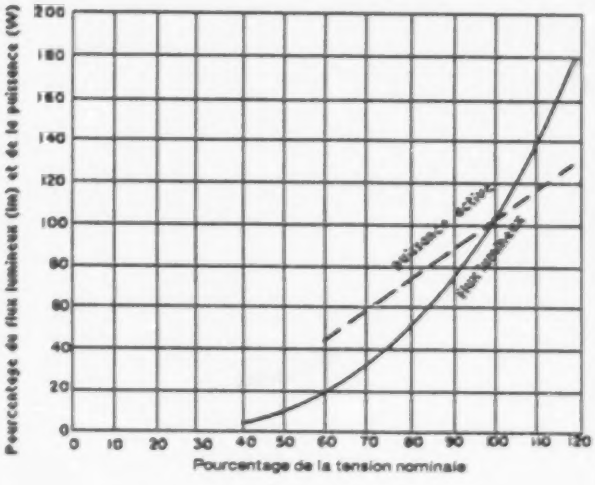
I. Courbe de durée de vie des lampes à halogène



II. Courbes types de maintenancedu flux lumineux



III. Variation type de la durée de vie des lampes à halogène avec la tension



IV. Variations types de la puissance active et du flux lumineux des lampes à halogène avec la tension

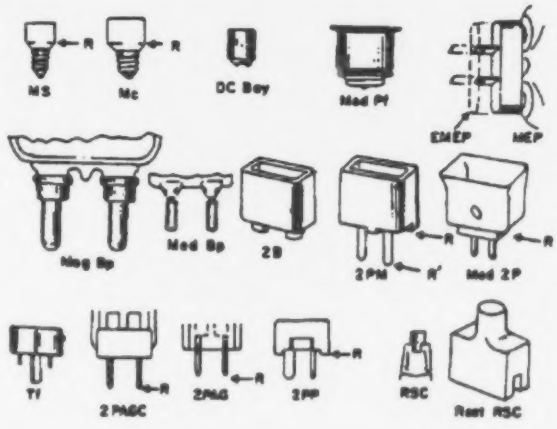
Figure 5.3.17 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes à halogène types**

Instructions d'utilisation

Maintenir la température du joint d'étanchéité de la lampe au–dessous de 343 °C, et celle de la paroi de l'ampoule, au–dessus de 260 °C. Cette lampe est conçue pour des circuits ne dépassant pas la tension nominale. Elle doit être posée dans des douilles et des équipements approuvés pour cette utilisation. Ne manipuler la lampe que dans son enveloppe. S'il faut toucher la lampe au cours de sa pose, nettoyer le quartz à l'alcool et essuyer avec un chiffon doux propre. La pollution du quartz risque de réduire le rendement de la lampe.

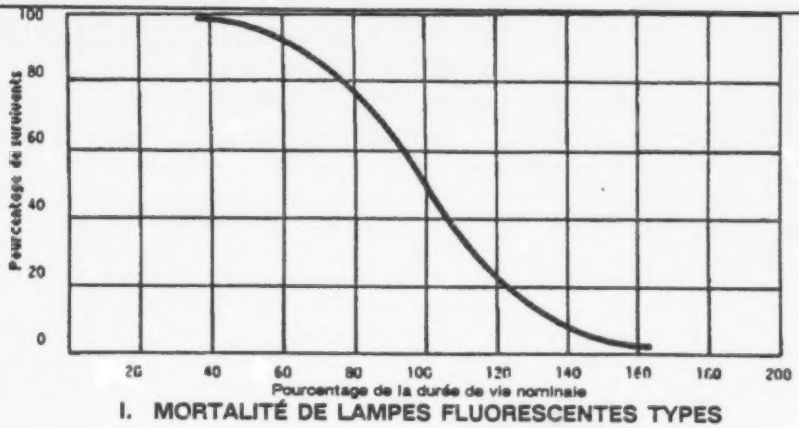
ATTENTION : LA LAMPE FONCTIONNE EN PRESSION ET RISQUE DE SE FRACASSER

La lampe doit être utilisée dans un équipement muni d'un écran approprié pour protéger les occupants et l'environnement. Ne pas utiliser à proximité de personnes, de matériaux combustibles ou de substances sensibles à la chaleur ou au séchage. Ne pas faire fonctionner à plus de 110 % de la tension nominale, autrement on augmente la pression, le danger que la lampe se fracasse et le rayonnement ultraviolet, qui risque de causer l'irritation de la peau et des yeux dans le cas d'une exposition prolongée. Protéger l'ampoule contre l'abrasion et les égratignures. Ne pas poser la lampe lorsque la douille est sous tension. Suivre les instructions d'utilisation.

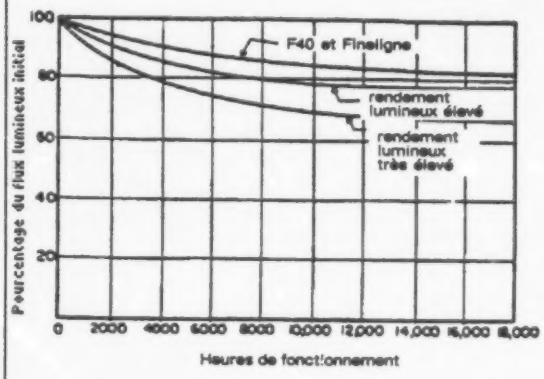


V. Culots courants de lampes à halogène

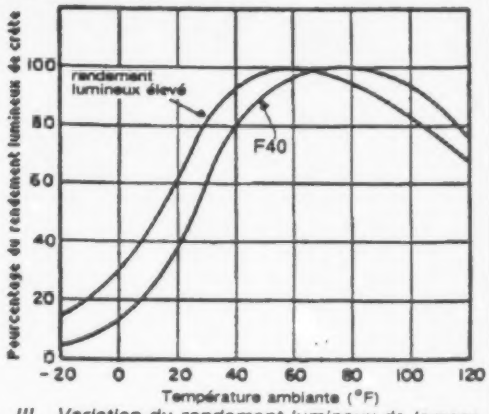
Figure 5.3.17 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes à halogène types** (suite)



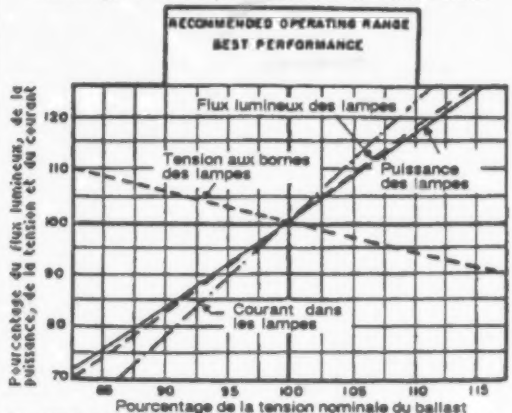
I. MORTALITÉ DE LAMPES FLUORESCENTES TYPES



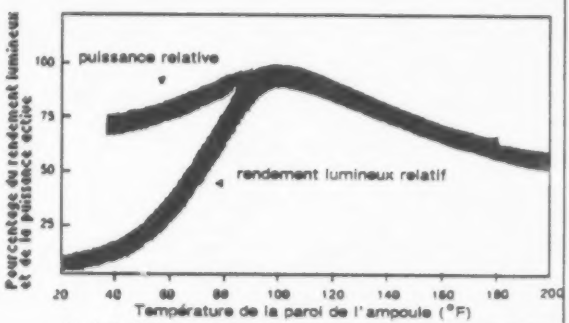
II. *Maintenance approximative du flux lumineux de divers types de lampes fluorescentes blanc froid*



III. *Variation du rendement lumineux de lampes fluorescentes non protégées avec la température ambiante, dans des conditions de vent nul*

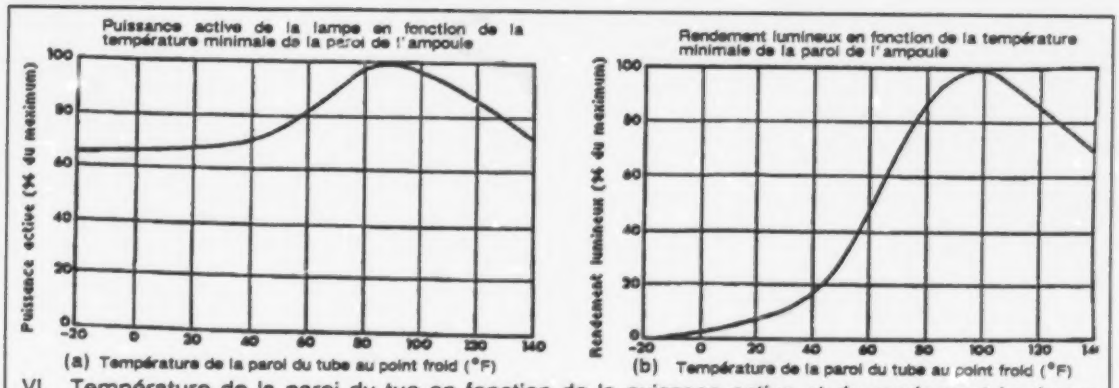


IV. Effet de la tension d'un ballast série d'allumage rapide de deux lampes sur la tension, le courant, la puissance active et le flux lumineux des lampes



V. Variation du rendement lumineux et de la puissance active des lampes fluorescentes avec la variation de la température de la paroi de l'ampoule (la température optimale est de 100 °F)

Figure 5.3.18 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes fluorescentes types**



VI. Température de la paroi du tue en fonction de la puissace active et du rendement lumineux de la lampe

Durée de vie moyenne (en heures) de lampes fluorescentes pour divers cycles de fonctionnement

Type de lampe	Temps de fonctionnement par allumage (heures)					
	3	6	10	12	18	Continu
40 W, à préchauffage	12000	14000	17000	18000	20000	22500
40 W, à allumage rapide	18000	22000	25000	26000	28500	34000
Rendement lumineux élevé	12000	14000	17000	18000	20000	22500
Rendement lumineux très élevé	9000	11300	13500	14400	16200	22500
Fineligne (96T12)	12000	14000	17000	18000	20000	22500

Facteurs représentatifs de ballasts de lampe fluorescente

Lampe	Ballast		
	Standard	À pertes réduites	À rendement élevé
Lampes de 4 pieds à allumage rapide (F40T12)			
Standard	0.95	0.95	0.97
À puissance active réduite	0.89	0.87	0.95
Lampes Fineligne de 8 pieds (F96T12)			
Standard	0.94	0.93	0.97
À puissance active réduite	0.87	0.85	0.96
Lampes de 8 pieds à rendement élevé			
Standard	0.98	—	1.03
À puissance active réduite	0.93	—	0.98

Figure 5.3.18 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes fluorescentes types (suite)**

Puissance consommée approximative de ballasts de lampes fluorescentes

Désignation des lampes	Puissance nom. (W)	120 volts			347 volts	
		Lampe unique	Deux lampes		Lampe unique	Deux lampes
			Série	Capacitif–inductif		Série
À préchauffage						
F4T5	4	6	—	—	—	—
F6T5	6	8	—	—	—	—
F8T5	8	10	—	—	—	—
F13T5	13	19	—	—	—	—
F14T12 1	14	29	44	—	31	44
F15T8 1	15	31	53	—	32	53
F15T12 1	15	31	52	—	32	52
F20T12 1	20	35	57	—	36	57
F25T12	25	31	—	—	—	—
F30T8	30	40	—	—	—	—
F40T12	40	50	—	—	—	—
F90T17	90	110	—	211	—	—
À allumage rapide						
F30T12	30	44	79	—	44	75
F40T12	40	57	98	—	56	93
À rendement élevé						
F24T12	32	—	132	—	—	135
F48T12	60	93	150	—	—	166
F72T12	85	117	199	—	—	198
F96T12	110	138	248	—	—	250
À rendement très élevé						
F48T12/VHO	115	160	267	—	—	267
F72T12/VHO	165	205	370	—	—	370
F96T12/VHO	215	265	480	—	—	480
Circulaire						
FC8T9	22	27	—	—	—	—
FC12T10	32	44	—	—	—	—
FC16T10	40	56	—	—	—	—
À allumage instantané						
F40T12/IS	40	64	108	—	—	110
F40T17/IS	40	64	108	—	—	110
Fineligne						
F42T6 2	26	41	74	—	—	—
F64T6 2	38	55	103	—	—	—
F72T8	38	55	104	—	—	—
F96T8 2	51	68	129	—	—	—
F48T12 3	39	64	103	108	—	110
F72T12 3	55	83	140	146	82	147
F96T12 3	75	99	180	178	98	176

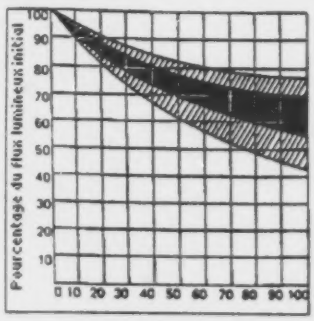
1. Ballast d'allumage rapide
2. Alimentation 200 mA
3. Alimentation 425 mA

Figure 5.3.18 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes fluorescentes types (suite)**

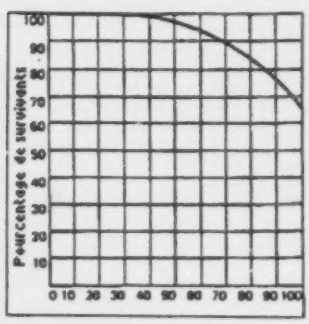
Puissance nom. de la lampe	Type de lampe **	Longueur nom. de l'arc (pouce)	Tension de service (nom.)	Courant de service (nom., A)	Courant d'amorçage (A, min.-max.)	Tension maximale du ballast à vide		Tension minimale du ballast à vide pour amorcer la lampe à		
						1e seconde	Après	50 °F	0 °F	-20 °F
40	H45	5/8	90	.53	.53-1.12	Eff. --	355	160x	175x	180
						Crête 750	À déterminer	226	247	255
50	H46	5/8	90	.6	.6-1.26	Eff. --	528	200	200	210
						Crête 750	À déterminer	283	283	297
75	H43	1	130	.66	.66-1.4	Eff. --	528	200x	201x	225
						Crête 750	À déterminer	283	297	318
100	H44	1 1/8	130	.85	.85-1.85	Eff. --	450	200x	210x	225
						Crête 1100	1100	283	297	318
100	H38	1 1/8	130	.85	.85-1.85	Eff. --	450	200x	210x	225
						Crête 1100	1100	283	297	318
175	H39	2	130	1.5	1.5-3.25	Eff. --	450	200x	210x	225
						Crête 1100	1100	283	297	318
250	H37	2 1/8	130	2.1	2.1-4.5	Eff. --	450	190x	210x	225
						Crête 1100	1100	269	297	318
400	H33	2 3/4	135	3.2	3.1-7.5	Eff. --	450	190x	210x	225
						Crête 2150	2150	269	297	318
700	H35	5	265	2.8	2.8-6.7	Eff. --	800	215x	325x	410*
						Crête 2150	2150	304	460	580*
1000	H34	5	135	8	8-17.8	Eff. --	450	200	325	410*
						Crête 2150	2150	283	460	580*
1000	H36	6	265	4	4-9.5	Eff. --	800	215x	325x	410*
						Crête 2150	2150	304	460	580*

** Désignation d'ordre électrique

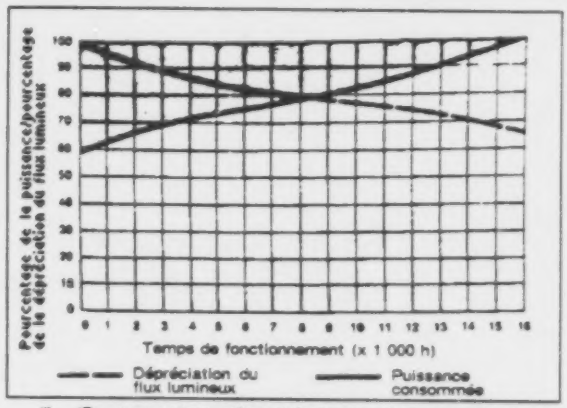
Figure 5.3.19 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes à mercure types**
Caractéristiques d'ordre électrique des lampes à décharge à haute intensité



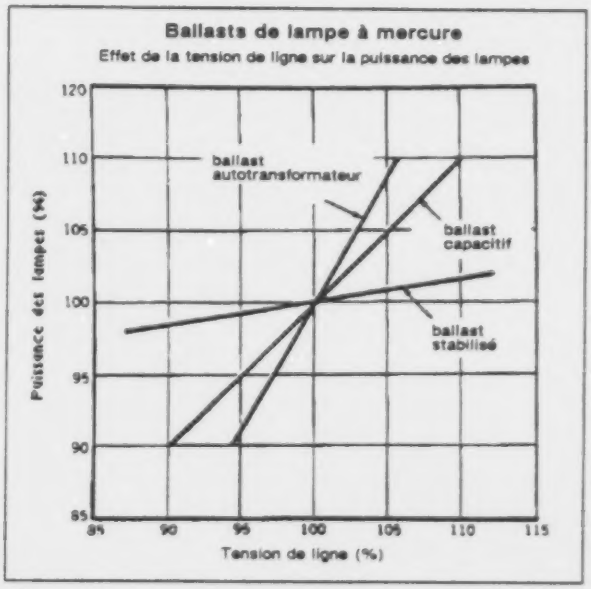
I. Pourcentage de maintenance du flux lumineux pendant la durée de vie moyenne des lampes à mercure



II. Pourcentage approximatif de survivants pendant la durée de vie moyenne des lampes à mercure



III. (Remarque : Le système d'éclairage est conçu conformément à une procédure normalisée pour fournir un niveau d'éclairement spécifié maintenu pendant un nombre spécifié d'heures de fonctionnement. Le signal de remplacement des lampes coincide à peu près avec l'intervalle de remplacement des lampes pour lequel le système a été conçu, à condition que tous les facteurs de dépréciation aient été calculés correctement.



IV.

Figure 5.3.19 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes à mercure types (suite)**

Tension (V)	Puissance (W)	Ampoule	Culot	Durée de vie nom. moyenne (h)	Flux lumineux approx., position verticale	
					Initial	Moyen 3
Lampes à ballast intégré à allumage électronique[1]						
120	160	E-23 1/2	Moyen chemisé	20000	2700	1910
120	300	E-28	Moyen chemisé	20000	2700	5500
120	300	E-28	Goliath	20000	2700	5500
Lampes à ballast intégré ordinaires[2]						
120	450	BT-37	Goliath	16000	9500	7125
120	750	R-57	Goliath	16000	14000	10500
240	750	R-57	Goliath	16000	14500	12325
208	150	PS-40	Goliath	16000	11500	
230	450	PS-40	Goliath	16000	11500	
208	450	BT-37	Goliath	16000	11500	
230	450	BT-37	Goliath	16000	11500	
208 230 277	750	R-57	Goliath	20000	21700	
208 230 277	1250	BT-56	Goliath	16000	37000	

1. Plage de température de service : de 10 à 50 °C.
2. Plage de température de service : de −15 à 50 °C.
3. Flux lumineux moyen sur 16 000 heures.

Figure 5.3.19 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes à mercure types** (suite)

V. Schémas types de ballasts de lampe à mercure

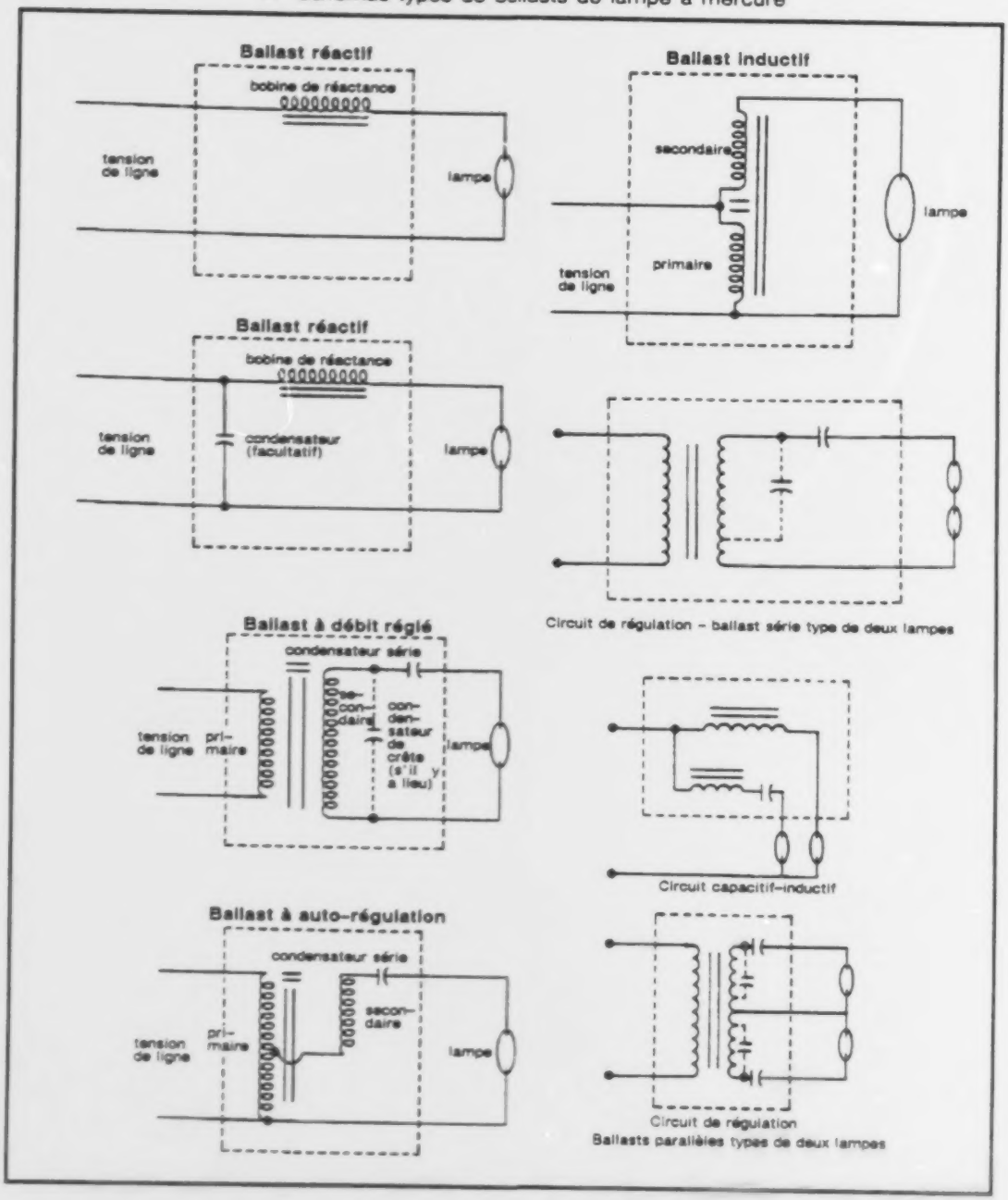


Figure 5.3.19 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes à mercure types** (suite)

Données relatives aux lampes

Puissance de la lampe	Désignation ANSI	N° de ballast ANSI	Flux lumineux approximatif				Ampoule	Fini de l'ampoule externe	Longueur hors tout maximale (pouces)	Culot	Durée de vie nom. (h)
			Initial (100 heures)		Moyen 1						
			Vert.	Horiz.	Vert.	Horiz.					
175	M57PE-175	M57	14000	12000	10800	8300	BT-28 ou E-28	Clair	8-5/16	Goliath	7500
175	M57PF-175	M57	14000		10200		BT-28 ou E-28	Couche fluorescente	8-5/16	Goliath	7500
250	M58PG-250	M58	20500	19500	17000	14000	BT-28 ou E-28	Clair	8-5/16	Goliath	10000
250	M58PH-250	M58	20500	19500	16000	13500	BT-28 ou E-28	Couche fluorescente	8-5/16	Goliath	10000
400	M59PJ-400	M59	34000	32000	25600	22600	BT-37 ou E-37	Clair	7	Goliath	15-20000
400	M59PK-400	M59	34000	32000	24600	22600	BT-37 ou E-37	Couche fluorescente	7	Goliath	15-20000
400	M59PJ-400/ VBD, VUB	M59	40000		31000		BT-37 ou E-37	Clair	11-5/16	Goliath	15000
400	M59PK-400/ VBD, VBU	M59	40000		32000		BT-37 ou E-37	Couche fluorescente	11-5/16	Goliath	15000
1000	M47PA-1000/ BD, BU/I	H36, M47	115000		92000		BT-56	Clair	15-1/16	Goliath	10000
1500	M48PC-1500/	M48	155000		140700		BT-56	Clair	15-3/8	Goliath	3000

1. Pour 10 heures de fonctionnement par allumage ou plus, sauf la valeur de la lampe de 1 500 W, qui correspond à 5 heures de fonctionnement par allumage.

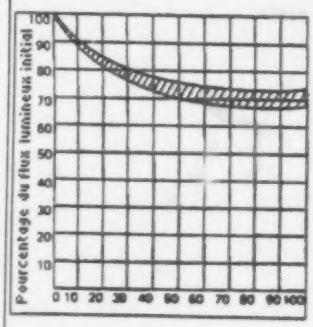
Exigences de tension minimales des ballasts de lampe à arc métallique

Puissance de la lampe	Ballast à onde sinusodale Facteur de crête 1.414				Ballast capacitif à crête d'amorçage Facteur de crête 1.82			
	Tension de crête		Tension eff.		Tension de crête		Tension eff.	
	Au-delà de 50 °F	De -20 à 50 °F	Au-delà de 50 °F	De -20 à 50 °F	Au-delà de 50 °F	De -20 à 50 °F	Au-delà de 50 °F	De -20 à 50 °F
175	540	540	382	382	540	540	295	295
250	540	540	382	382	540	540	295	295
400	540	540	382	382	540	540	295	295
1000	622	750	440	530	622	750	340	410
1500	622	750	440	530	622	750	340	410

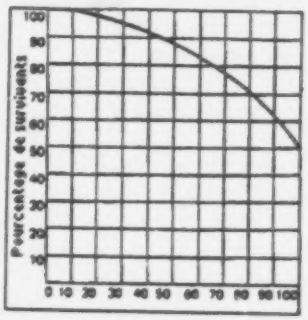
Remarque : Il s'agit d'exigences minimales pour une probabilité d'allumage de 98 % à 50 °F et de 90 % à -20 °F.

Important : Les ballasts (capacitifs à crête d'amorçage) de lampe aux halogénures peuvent être utilisés avec des lampes à mercure de même puissance. Les ballasts (à onde sinusodale) de lampe à mercure peuvent être utilisés avec des lampes à arc métallique, à condition que la tension de crête requise soit fournie par le ballast aux températures spécifiées.

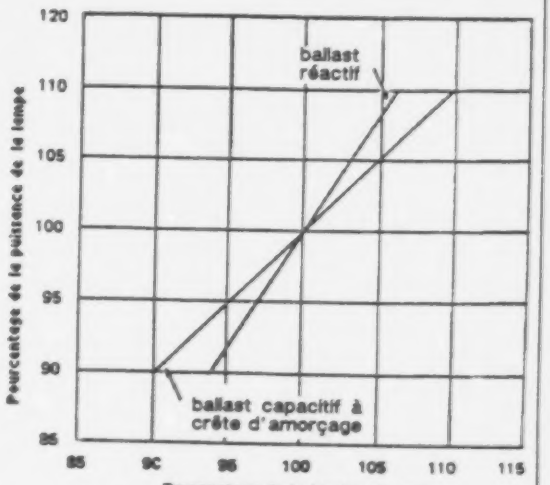
Figure 5.3.20 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes aux halogénures types**



I. Pourcentage de maintenance du flux lumineux des lampes aux halogénures pendant leur durée de vie nom. moyenne

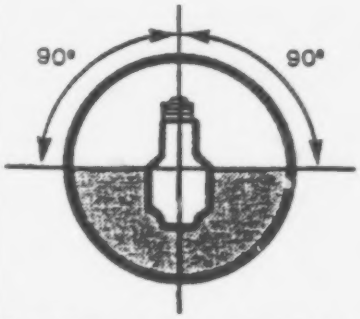


II. Pourcentage approximatif de survivants des lampes aux halogénures pendant leur durée de vie nom. moyenne

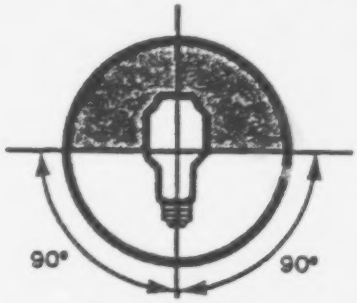


III. Effet des variations de tension de ligne sur la puissance des lampes pourdivers types de ballasts

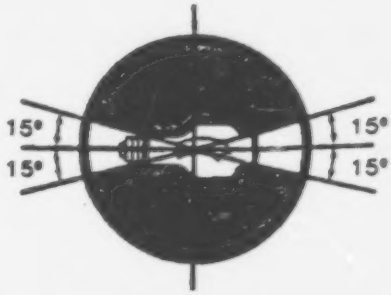
IV. POSITIONS DE FONCTIONNEMENT



CULOT EN HAUT – HORIZONTALE
(BU–HOR)



CULOT EN BAS
(BD)



HORIZONTALE
(HOR)

CULOT EN HAUT
±15°

CULOT EN BAS
±15°

TOUTE POSITION
±180°

Figure 5.3.20 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes aux halogénures types** (suite)

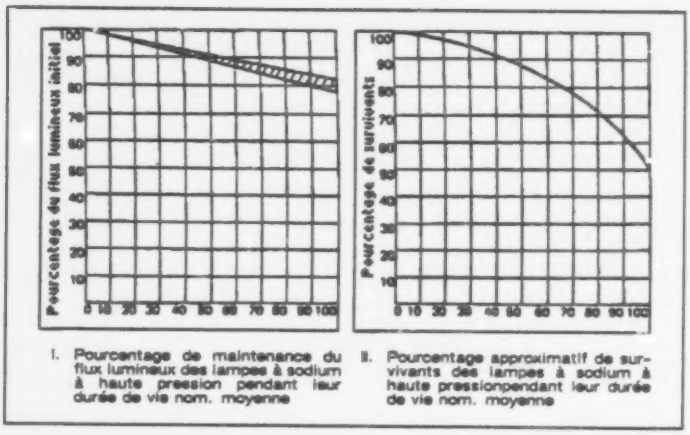
Données relatives aux lampes

Puissance nominale	Type de lampe **	Longueur nominale de l'arc (pouces)	Tension de service (nom.)	Courant de service (nom., A)	Courant d'allumage (A, min.-max.)	Tension maximale du ballast à vide		Tension minimale du ballast à vide pour allumer la lampe à		
						1e seconde	Après	50 °F	0 °F	-20 °F
150	*C150(3)	2	100	1.78	1.7-3.5	Eff. --	À déterminer	195	195	195
						Crête 4500	4500	2500	2500	2500
250	C*250(3)	3 3/4	100	3.0	3-4.5	Eff. --	À déterminer	198	198	198
						Crête 4500	4500	2500	2500	2500
400	*C400(3)	3 5/16	100	4.6	4.6-7.5	Eff. --	À déterminer	198	198	198
						Crête 4500	4500	2500	2500	2500
1000	*C1000(3)	8 3/4	250	4.7	4.7-7.5	Eff. --	À déterminer	456	456	456
						Crête 5000	5000	5000	3000	3000

1. Les valeurs du tableau s'appliquent à la position verticale. Les mesures sont basées sur un ballast de référence normalisé.
2. Les tensions à vide du ballast sont essentiellement basées sur les normes ouprojets de norme ANSI et s'appliquent aux ballasts réactifs linéaires. Danscertains cas, des valeurs eff. inférieures sont admises lorsque des ballastscapacitifs à crête d'amorçage sont utilisés.
3. Désignation électrique ANSI : M59 pour HM400, M48 pour MH1500, S56 pour C150, S50 pour C250, S51 pour C400, S52 pour C1000.

* Norme ANSI à élaborer, à réviser ou à compléter.

Figure 5.3.21 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes à sodium à haute pression types**



I. Pourcentage de maintenance du flux lumineux des lampes à sodium à haute pression pendant leur durée de vie nom. moyenne

II. Pourcentage approximatif de survivants des lampes à sodium à haute pressionpendant leur durée de vie nom. moyenne

Figure 5.3.21 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes à sodium à haute pression types** (suite)

Limites de température de fonctionnement recommandées pour les lampes à décharge à haute intensité d'appareils d'éclairage ouverts ou fermés

Type de lampe	Ampoule externe	Culot
À vapeur de mercure	400 °C (maximum)	Goliath à vis – 210 °C (maximum) autres culots – 190 °C (maximum)
Aux halogénures	400 °C (maximum)	210 °C (maximum)
À sodium à haute pression	400 °C (maximum)	210 °C (maximum)
À ballast intégré (sauf celle de 160 W)	400 °C (maximum)	210 °C (maximum)
160 W et autres modèles à verre tendre	300 °C (maximum)	190 °C (maximum)

* Valeurs recommandées par le American National Standards Institute (ANSI)

Pertes approximatives des ballasts

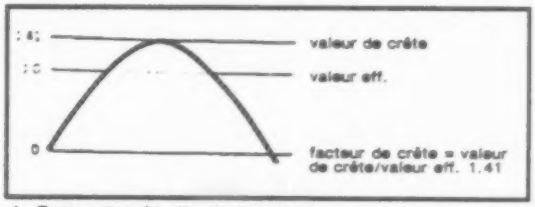
	Pertes* en pourcentage de la puissance nominale de la lampe
Lampe à vapeur de mercure	
40 W, 50 W	20–25%
75, 100, 175, 200 W	14–20%
400, 700, 1 000 W	4–13%
Lampe aux halogénures	13–17%
400 W	5–9%
1 000 W	
Ceramalux	
150, 250, 400, 1 000 W	16–21%

* Varient selon le type de ballast; légèrement inférieures pour les ballasts à deux lampes.

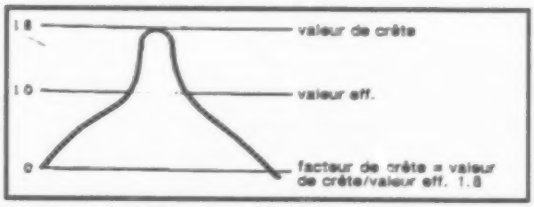
Figure 5.3.22 **Données relatives aux lampes à décharge à haute intensité**

Rendement du système de gradation des lampes claires à décharge à haute intensité

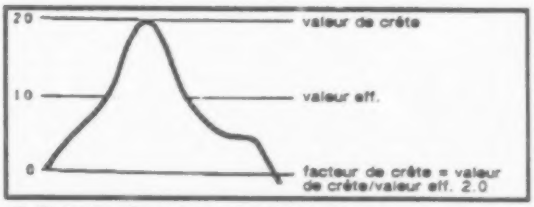
Source de lumière	Puissance de la lampe	Rendement lumineux minimal (pourcentage du rendement lumineux maximal)
Lampe à mercure	100	2
	250	2
	400	2
	1000	3
Lampe aux halogénures	250	20
	400	10
	1000	12
Lampe à sodium à haute pression	250	12
	400	10
	1000	20



I. Facteur de crête d'onde sinusoïdale



II. Distorsion. Tension non sinusoïdale.



III. Distorsion. Courant non sinusoïdal.

Figure 5.3.22 **Données relatives aux lampes à décharge à haute intensité** (suite)

Données d'ordre électrique et d'ordre thermique

Type de lampe	Tension moyenne aux bornes de la lampe (V)	Courant moyen dans la lampe (A)	Tension d'amorçage minimale (V)	Puissance (W)	Durée de vie (heures)	Flux lumineux initial (lm)	Température maximale de la lampe (°F)	(°C)
35W	70	0.60	390	35	18000	4800	209	98
55W	109	0.59	410	55	18000	8000	210	99
90W	112	0.94	420	90	18000	13500	237	114
135W	164	0.95	540	135	18000	22500	210	99
180W	240	0.91	600	180	18000	33000	226	188

Positions de fonctionnement

SOX 35 W
SOX 55 W

SOX 90 W
SOX 135 W
SOX 180 W

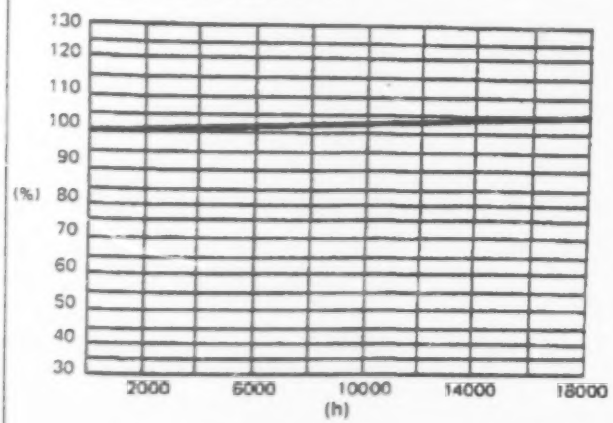
I.

Températures maximales des lampes

Type de lampe	°F	°C
SOX 35 W	209	98
SOX 55 W	210	99
SOX 90 W	237	114
SOX 135 W	210	99
SOX 180 W	226	108

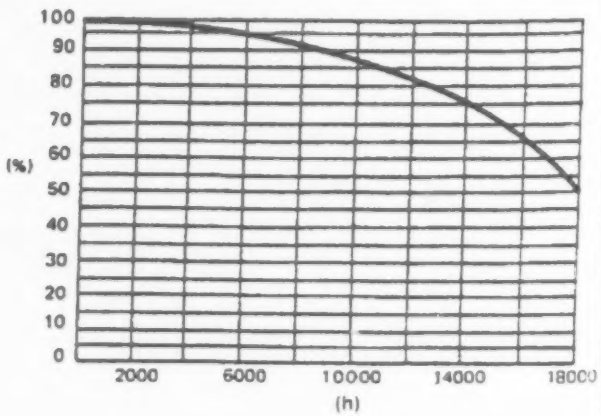
II.

Courbe de maintenance du flux lumineux (toutes les puissances)



III. Cette courbe s'applique lorsque les lampes sont utilisées dans des conditions de fonctionnement normales avec un ballast réactif et dans une position de fonctionnement horizontale.

Courbe de mortalité des lampes (toutes les puissances)



IV.

Figure 5.3.23 **Caractéristiques de fonctionnement de lampes à sodium à basse pression types**

5.3.6 Couleurs et rendu des couleurs

1. Guide de sélection des couleurs

La couleur et les facteurs de réflexion des surfaces de couleur sont des facteurs importants pour la quantité de lumière perçue par l'oeil et pour la perception psychologique. Bien noter les points suivants :

- pour les espaces à faible niveau d'éclairement (100–500 lux), les couleurs choisies doivent avoir des facteurs de réflexion réduits (15–35 %);
- pour les espaces à niveau d'éclairement élevé (500–1 000 lux), les couleurs choisies doivent avoir des facteurs de réflexion élevés;
- les locaux de dimensions réduites peuvent exiger des couleurs claires pour susciter une sensation visuelle d'espace tout en maintenant des valeurs d'éclairement relativement élevées; l'agencement et les facteurs de réflexion des couleurs des murs n'influe pas beaucoup sur les locaux de grandes dimensions.

La figure 5.3.24 donne le rendement des réflexions mutuelles de murs de diversescouleurs.

Pour de plus amples renseignements sur l'agencement et la sélection des couleurs, voir le chapitre 5 du IESNA Reference Volume, 1984.

Qualité requise	Indice de rendu des couleurs minimal (Ra)	Température de couleur recommandée (K)	Exemples de tâches ou de locaux
Aussi haute que possible	85	6 500–7 400 env. 4 000	Évaluation de couleurs, équilibrage colorimétrique, photographie, imprimerie, manipulation de produits oeuvrés, examens médicaux
Bonne	70	env. 4 000	Bureaux types; magasins et ateliers où le tri selon la couleur est important
Moyenne	40	—	Corridors, cages d'escalier, magasins, éclairage extérieur où le rendu des couleurs ne porte pas à conséquence
Sans objet	40	—	Salles des machines, salles d'appareillage électrique, entreposage, éclairage extérieur

Tableau 5.3.6 **Indices de rendu des couleurs recommandés**

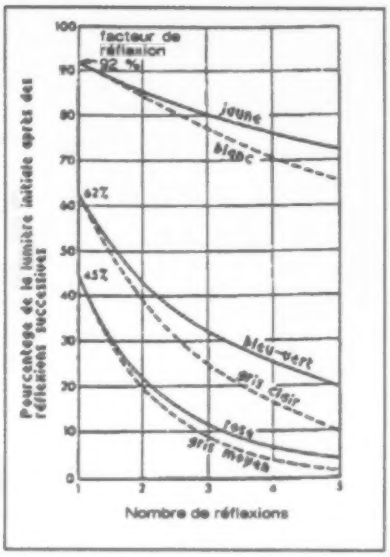


Figure 5.3.24 **Comparaison du rendement des réflexions mutuelles de surfaces de couleur et neutres ayant le même facteur de réflexion**

5.3.6 **Couleurs et rendu des couleurs** (suite)

2. Rendu des couleurs des sources de lumière

Le rendu des couleurs de sources de lumière est basé sur les critères d'indice de rendu des couleurs de la CEI. Pour de plus amples renseignements, voir le chapitre 5 du Reference Volume, 1984, de l'IES. Le tableau 5.3.7 donne l'indice de rendu des couleurs des sources de lumières courantes, alors que le tableau 5.3.6 présente les plages acceptables d'indice de rendu des couleurs en fonction de l'utilisation des espaces.

Désignation des lampes d'essai	Coordonnées de chromaticité de la CEI		Température de couleur proximale	Indice général de rendu des couleurs de la CEI
	x	y	(K)	(Ra)
Lampes fluorescentes				
Blanc chaud	.436	.406	3020	52
Blanc chaud de luxe	.440	.403	2940	73
Blanche	.410	.398	3450	57
Blanc froid	.373	.385	4250	62
Blanc froid de luxe	.376	.374	4050	89
Lumière du jour	.316	.354	6250	74
Trois éléments A	.376	.374	4100	83
Trois éléments B	.370	.381	4310	82
Trois éléments C	.448	.408	2857	80
D50 simulé	.342	.359	5150	95
D55 simulé	.333	.352	5480	98
D65 simulé	.313	.325	6520	91
D70 simulé	.307	.314	6980	93
D75 simulé	.299	.315	7500	93
Lampe à mercure claire	.326	.390	5710	15
Lampe à mercure de couleur améliorée	.373	.415	4430	32
Lampe aux halogénures claire	.396	.390	3720	60
Lampe à arc au xénon à haute pression	.324	.324	5920	94
Lampe à sodium à haute pression	.519	.418	2100	21
Lampe à sodium à basse pression	.569	.421	1740	−44
Lampe DWX à halogène	.424	.399	3190	100

Table 5.3.7 **Caractéristiques de couleurs et de rendu des couleurs des sources de lumière courantes**

5.4 RELEVÉS D'ÉCLAIREMENT ET DE LUMINANCE

5.4.1 Mesures sur le terrain

Généralités

On doit effectuer des mesures sur le terrain pour obtenir des données sur la performance des systèmes d'éclairage d'immeuble. Il importe de réaliser que toutes les mesures dépendent de la nature de l'espace où elles sont prises. Il est donc indispensable qu'on dispose d'un dossier complet et exact des caractéristiques de cet espace et des luminaires qui s'y trouvent. En particulier, il faut consigner les données suivantes :

- type, âge et position de fonctionnement des lampes;
- type de diffuseurs et leur détérioration visible;
- type de ballasts et leurs valeurs nominales;
- stabilité et qualité de la tension d'alimentation;
- conditions de maintenance du luminaire;
- température ambiante de service du luminaire;
- facteur de réflexion de toutes les surfaces importantes;
- disposition de l'ameublement et obstructions (arbres, bâtiments, etc.) à l'éclairage des espaces extérieurs;
- système de montage, mise de niveau et orientation (s'il y a lieu).

De plus, il importe de décider quelles mesures doivent être relevées et de veiller à ce que le matériel d'éclairage et le matériel de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air sont en condition de fonctionnement normale et stable. Cela veut dire qu'il vaut mieux relever les mesures pendant les heures de travail ou bien après les heures de travail à condition qu'on laisse les systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air pertinents et les systèmes d'éclairage pertinents fonctionner normalement. Les lampes fluorescentes, les lampes à décharge à haute intensité et les lampes à sodium à basse pression nécessitent au moins une heure pour atteindre la stabilité thermique et photométrique, alors que les lampes à incandescence ne nécessitent que 20 minutes. De plus, il est à noter que toutes les lampes doivent avoir fonctionné pendant un certain temps avant de pouvoir être soumises aux mesures. À l'exception des lampes à incandescence, qui doivent avoir fonctionné pendant au moins 20 heures, toutes les lampes doivent avoir fonctionné pendant au moins 100 heures.

La plupart des appareils de mesure exigent qu'avant les mesures leur photocellule soit exposée à la lumière ambiante pendant environ cinq minutes et utilisée dans la plage de température ambiante spécifiée. Tous les appareils de mesure exigent une procédure de manipulation appropriée et un étalonnage périodique (normalement annuel). Il faut consulter le fabricant pour s'assurer que le niveau d'entretien convient à l'utilisation de l'appareil.

Pour les appareils de mesure, des erreurs maximales de ± 10 % sont généralement acceptables. Cependant, il faut avoir soin d'utiliser les facteurs de correction appropriés (procurés par le fabricant) pour les sources de lumière et pour les échelles réétalonnées.

Les erreurs peuvent varier considérablement d'une extrémité à l'autre de la courbe de réponse spectrale (CEI) de l'appareil de mesure et il faut tenir compte de cette variation. videmment, les photocellules de tous les appareils de mesure doivent être à correction colorimétrique et cosinusodale, sinon il faut appliquer les corrections appropriées, recommandées par le fabricant. Chaque fabricant spécifie les caractéristiques de fonctionnement de ses appareils de mesure et il faut consulter ces spécifications.

5.4.2 Relevés de l'éclairage électrique d'intérieur

Phase I, Mesures de l'éclairement des aires générales

Instrument : luxmètre; consigner le nom, le type, le modèle et les détails d'étalonnage.

Il est recommandé d'effectuer les opérations suivantes :

a. Mettre sous tension le réseau d'éclairage et le laisser stabiliser thermiquement et photométriquement; laisser stabiliser le luxmètre aussi;

b. Diviser chaque aire à mesurer en carrés de dimensions égales (dans la mesure du possible); utiliser le tableau suivant pour déterminer le nombre de carrés nécessaires.

Indice du local	Nombre de carrés
Inférieur à 1	4
Entre 1 et 2	9
Entre 2 et 3	16
3 ou plus	25

$$\text{Indice du local} = \frac{\text{Largeur} \times \text{Longueur}}{\text{Hauteur (Largeur+Longueur)}}$$

Largeur = largeur du local
Longueur = longueur du local
Hauteur = distance entre le dessus du bureau (bureau est présumer d'être 760 mm d'hauteur) et le dessous du luminaire

Limitations

- Applicable à un rapport de l'espacement des luminaires à la hauteur de montage des luminaires de 1.5 : 1;
- Précision ±10 %; pour une précision de ±5 %, doubler le nombre de carrés;
- Valide si le quadrillage de mesure ne concide pas avec le quadrillage des luminaires. S'il y a concidence, ajouter d'autres points de mesure pour compenser (c.-à-d. aux intersections du quadrillage).

c. Mesurer l'éclairement au centre du carré tout en excluant les ombres du corps de l'observateur, à moins que le point de mesure ne corresponde exactement à la position et à l'orientation d'un occupant au travail.

d. Calculer la moyenne de tous les points de mesure.

Phase I, Mesures de l'éclairement des surfaces de travail

Instrument : luxmètre; consigner le nom, le type, le modèle et les détails d'étalonnage.

Il est recommandé d'effectuer les opérations suivantes :

a. Mettre sous tension le réseau d'éclairage et le laisser stabiliser thermiquement et photométriquement; laisser stabiliser le luxmètre aussi;

b. S'assurer que le travailleur se trouve dans sa position de travail normale;

c. Placer la photocellule sur le plan utile (horizontal, vertical ou incliné) où la tâche visuelle est effectuée; ne pas éliminer les ombres qu'on trouve normalement au poste de travail; éliminer l'effet de l'éclairage naturel;

d. Mesurer l'éclairement en divers points de la ou des surfaces de travail présentant la ou les cibles visuelles et remplir le tableau 5.4.1 (voir la figure 5.4.1 pour les points de mesure pour travaux de bureau; pour les autres cas, le quadrillage de mesure devrait prévoir un minimum de quatre points);

e. Calculer l'éclairement moyen et vérifier la conformité aux codes et normes applicables (voir annexe 5.2).

Point de mesure	Description du point de mesure	Hauteur par rapport au plancher (m)	Plan (0–90°)	Éclairement (lux)		Remarques
				Total	Global	
1– max 2– min 3– 4– 5– 6–						
Moy.						

Tableau 5.4.1 **Tableau pour le relevé de l'éclairement de phase I**

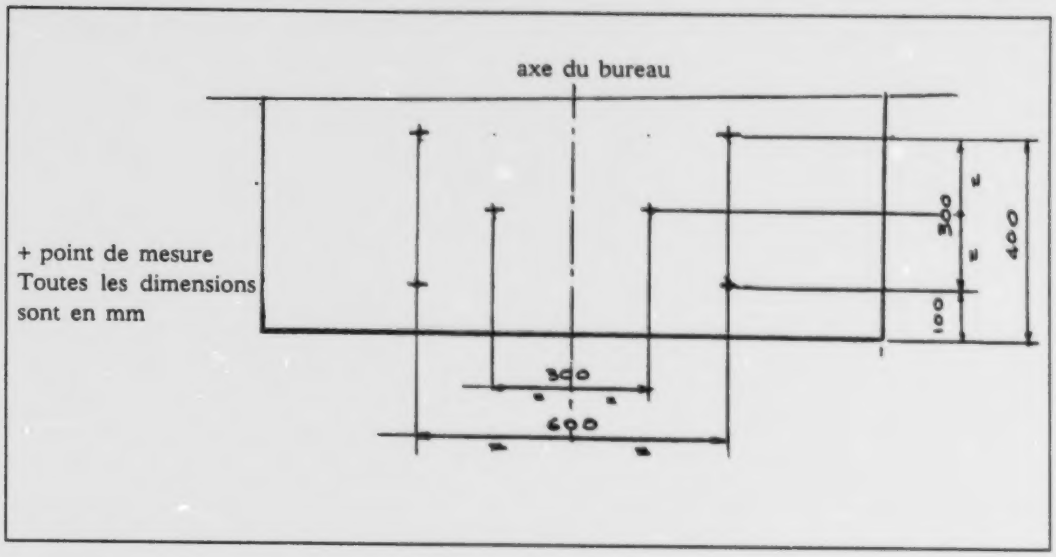


Figure 5.4.1 **Points de mesure pour le relevé de l'éclairement de phase I**

Phases II et III, Mesures de l'éclairement des aires générales

Instrument : luxmètre; consigner le nom, le type, le modèle et les détails d'étalonnage.

Il est recommandé d'effectuer les opérations suivantes :

a. Mettre sous tension le réseau d'éclairage et le laisser stabiliser thermiquement et photométriquement; laisser stabiliser le luxmètre aussi;

b. Remplir le formulaire de relevé ci-joint; les facteurs de réflexion sont obtenus à l'aide de l'annexe 5.5.

FORMULAIRE DE RELEVÉ D'ÉCLAIRAGE

Généralités

Nom et adresse du client _____

Agent de liaison _____

Aire à l'étude _____ Date _____ Heure _____AM–PM
(code ou description)

Description de l'aire éclairée

Type de travail effectué dans l'aire (voir instruction 1)

Longueur_____m Largeur_____m Hauteur_____m Temp. ambiante____°C

Tableau 1. (voir instructions 1 à 5, p. 93–94)

Surfaces	Matériau	Fini	Couleur	Facteur de réflextion %	Remarques
Plafond Murs Colonne Cloison Plancher Perisiennes/stores Surface de travail Équipement					

Description du système d'éclairage général

Tableau 2. Luminaires (voir instructions 6 à 13 p. 94)

Nbre	Puisse totale (W)	Source de lumière	Répartition	Description	Espace-ment	Montage	Haut. mont. ou susp.	Condition matérielle

Date d'installation _____

Temps de fonctionnement (h) approximatifs depuis l'installation (voir instruction 14)

Tension nominale des luminaires

Tension à pleine charge (1)_____ (2) _____ (voir instructions 15 et 16)

Couleur des lampes (voir instruction 17, p. 95)

Description de l'éclairage d'appoint

Tableau 3. Luminaires d'appoint (voir instructions 18 à 23)

Article	Surface de travail éclairée	Nbre de luminaires	Répartition des luminaires	Puissance et type des lampes	Description, emplacement et montage des luminaires	Condition matérielle
1						
2						
3						
4						

Autres données (voir instruction 24, p. 95) _____

Mesures de l'éclairement moyen

(éclairement d'un plan horizontal à 76 cm du plancher, éclairage général seulement)

Généralités :

Positionner la photocellule du luxmètre dans un plan horizontale à 76 cm du plancher. Utiliser un support ou un trépied avec des dispositifs de mise de niveau appropriés.

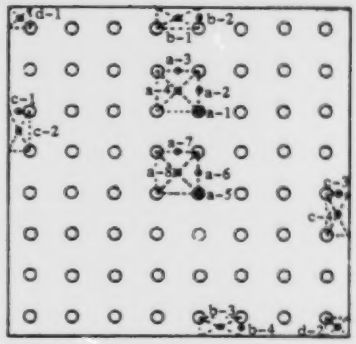
Exclure la lumière du jour des mesures d'éclairement en prenant les mesures de préférence la nuit.

Veiller à ce que l'observateur ne masque pas la photocellule.

Parmi les tableaux 4 à 9, ne choisir que la table convenant à l'aire en cause et inscrire les valeurs en lux appropriées.

Tableau 4. Aire ordinaire à luminaires espacés symétriquement en deux rangées ou plus (voir instruction 25, p. 95)

Étape 1		Étape 2		Étape 3		Étape 4	
Point	lux	Point	lux	Point	lux	Point	lux
a–1		b–1		c–1		d–1	
a–2		b–2		c–2		d–2	
a–3		b–3		c–3			
a–4		b–4		c–4			
a–5							
a–6							
a–7							
a–8							
Total							
Moyenne A =		B =		C =		D =	



Étape 5. Déterminer l'éclairement moyen à l'aide de l'équation suivante :

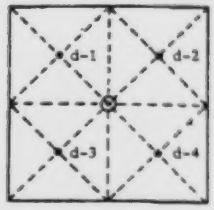
$$\text{clairement moyen} = \frac{A(N-1)(M-1)+B(N-1)+C(M-1)+D}{NM}$$

où N = nombre de luminaires par rangée;
M = nombre de rangées.

= ☐ lux dans un plan à 76 cm du plancher (méthode IES)

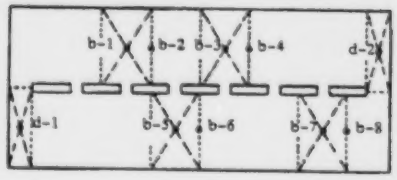
Tableau 5. Aire ordinaire à luminaire unique situé symétriquement (voir instruction 26, p. 95)

Étape 1	
Point	lux
d–1	
d–2	
d–3	
d–4	
Total	
Moyenne D =	



Étape 2. L'éclairement moyen est égal à D. = ☐ lux dans un plan à 76 cm du plancher (méthode IES)

Tableau 6. Aire ordinaire à une seule rangée de luminaires (voir instruction 27)



Étape 1		Étape 2	
Point	lux	Point	lux
b–1		d–1	
b–2		d–2	
b–3			
b–4			
b–5			
b–6			
b–7			
b–8			
Total			
Moyenne B =		D =	

tape 3. Déterminer l'éclairement moyen à l'aide de l'équation suivante :

clairement moyen
$= \frac{B(N-1) + D}{N}$

où :

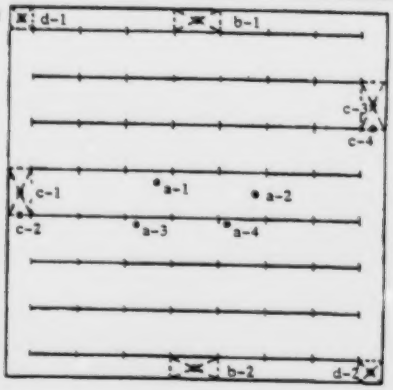
N = nombre de luminaires

= ☐ lux dans un plan à 76 cm du plancher (méthode IES)

Tableau 7. Aire ordinaire à au moins deux rangées continues de luminaires (voir instruction 27, p. 96)

Étape 1		Étape 2		Étape 3		Étape 4	
Point	lux	Point	lux	Point	lux	Point	lux
a–1		b–1		c–1		d–1	
a–2		b–2		c–2		d–2	
a–3				c–3			
a–4				c–4			
Total							
Moyenne A =		B =		C =		D =	

Étape 5. Déterminer l'éclairement moyen à l'aide de l'équation suivante :



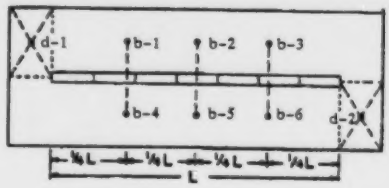
clairement moyen $= \frac{AN(M-1) + BN + C(M-1) + D}{M(N+1)}$

où :

N = nombre de luminaires par rangée
M = nombre de rangées

= ☐ lux dans un plan à 76 cm du plancher (méthode IES)

Tableau 8. Aire ordinaire à une seule rangée continue de luminaires (voir instruction 29, p. 96)



Étape 1		Étape 2	
Point	lux	Point	lux
b–1		d–1	
b–2		d–2	
b–3			
b–4			
b–5			
b–6			
Total			
Moyenne B =		D =	

Étape 3. Déterminer l'éclairement ci–dessus à l'aide de l'équation suivante :

clairement moyen
$= \frac{BN+D}{N+1}$

où :

N = nombre de luminaires

= ☐ lux dans un plan à 76 cm du plancher (méthode IES)

Tableau 9. Aire ordinaire à plafond lumineux avec ou sans paralumes (voir instruction 30, p. 96)

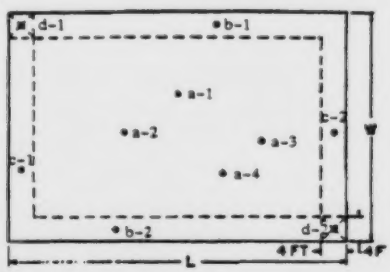
Étape 1		Étape 2		Étape 3		Étape 4	
Point	lux	Point	lux	Point	lux	Point	lux
a–1		b–1		c–1		d–1	
a–2		b–2		c–2		d–2	
a–3							
a–4							
Total							
Moyenne A =		B =		C =		D =	

Étape 5. Déterminer l'éclairement moyen des aires à l'aide de l'équation suivante :

clairement moyen $= \frac{A(L-8)(W-1) + 8B(L-8) + 8C(W-8) + 64D}{WL}$

où :

W = largeur du local en pieds
L = longueur du local en pieds

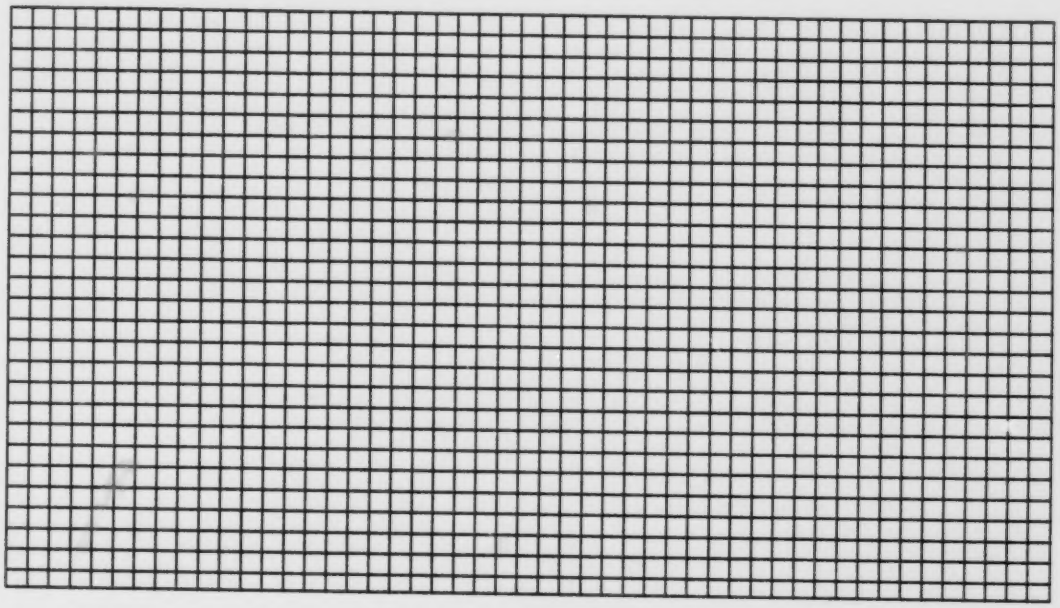


= ☐ lux dans un plan à 76 cm du plancher (méthode IES)

INSTRUCTIONS

Croquis de l'aire

Faire un croquis de l'aire. Noter les dimensions, y compris la hauteur du plafond, en mètres et centimètres. Indiquer l'emplacement des fenêtres et leur orientation (N, S, E ou O). Indiquer les portes et l'orientation prédominante des occupants s'il y a lieu. Indiquer toute obstruction.



Utilisation du formulaire

1. **Type de travail effectué** : Décrire le travail effectué et classer les tâches visuelles conformément aux exigences du Règlement du Canada sur l'hygiène et la sécurité au travail, rédigé en vertu du Code canadien du travail, des normes TPC et de l'IES (voir annexe 5.2).

2. **Fini** : Inscrire la texture ou le fini des surfaces (lustré, demi-mat ou mat).

3. **Couleur** : Utiliser les données suivantes pour décrire les couleurs :

Couleur		Qualificatif
Rose	Vert	Clair
Rouge	Bleu	Foncé
Orange	Violet	Moyen
Brun	Blanc	
Jaune	Gris	
Marron	Noir	
Vert	olive	

4. **Facteurs de réflexion** : Exprimer en pourcentage. Évaluer les facteurs de réflexion des surfaces de couleur à l'aide des échelles pertinentes (voir annexe 5.5).

5. **Condition matérielle** : Inscrire le degré de propreté de l'ensemble de l'intérieur : propre, moyen ou sale.

6. **Puissance des luminaires** : Inscrire la puissance active des luminaires individuels. La puissance totale d'un luminaire est la somme de la puissance totale de la ou des lampes et de celle des accessoires (ballast et commandes). Se reporter à l'annexe 5.3 pour la perte de puissance approximative des divers luminaires fluorescents et à décharge à haute intensité.

7. **Sources de lumière** : Inscrire le type de lampe : à incandescence, à halogène, fluorescent, à mercure, aux halogénures, à sodium à haute pression ou à sodium à basse pression.

8. **Répartition** : Déterminer la classe de répartition à l'oeil, si c'est possible, ou à l'aide des données du catalogue du fabricant. Utiliser le tableau descriptif (de la CEI) suivant :

Classe	Pourcentage du total de la lumière émise au-dessus de l'horizontale	Pourcentage du total de la lumière émise au-dessous de l'horizontale
Direct	0 – 10	100 – 90
Semi-direct	10 – 40	90 – 60
Diffus général et direct-indirect	40 – 60	60 – 40
Semi-indirect	60 – 90	40 – 10
Indirect	90 – 100	10 – 0

9. **Description du luminaire** : Inscrire le nom du fabricant, le numéro de catalogue et toute autre information d'identification. Définir le type de luminaire : encastré, suspendu, à panneaux latéraux translucides, à partie supérieure ouverte, à paralume, etc. Donner le nombre, le type et la description des lampes utilisées par luminaire; dans le cas des lampes fluorescentes, préciser le diamètre, la longueur et le courant de service inscrit sur le ballast du luminaire.

10. **Espacement des luminaires** : Indiquer sur le croquis de l'aire la disposition et l'espacement (en mètres) des luminaires.

11. **Montage** : Encastré, semi-encastré, en applique ou suspendu.

12. **Hauteur de montage** : Dans le cas des luminaires directs et semi-directs,inscrire la distance entre le plancher et le dessous des luminaires. Dans les autres cas, inscrire la hauteur de suspension globale.

13. **Condition matérielle** : Indiquer si les lampes sont propres, moyennes ou sales et si elles sont noircies de façon notable.

14. **Temps de fonctionnement** : Calculer ce temps d'après l'utilisation quotidienne. Inclure l'utilisation après les heures de travail normales parle personnel d'entretien ou aux fins de temps supplémentaire.

15. **Tension des lampes** : Inscrire la tension nominale des luminaires et des lampes. Cette tension est gravée à l'eau forte sur l'ampoule et inscrite sur une étiquette apposée sur le luminaire.

16. **Tension à pleine charge** : Inscrire la tension à pleine charge relevée premièrement à proximité du panneau d'éclairage et deuxièmement aussi loin que possible de ce panneau. Il faut prendre en considération les chutes de tension se produisant le plus probablement pendant les heures de travail normales. Si la variation de tension réduit considérablement l'éclairement pendant les heures de travail, il faut indiquer cette condition sous la rubrique "Autre commentaire" et en tenir compte dans l'évaluation finale del'éclairage. Inscrire les chutes de tension inférieures à 5 % car elles réduisent le rendement lumineux du luminaire.

17. **Couleur des lampes** : Cette caractéristique est gravée à l'eau forte sur le tube fluorescent. D'autres descriptions des couleurs sont : lampe à mercure claire, à couleur améliorée ou de luxe; lampe à incandescence claire, lumière du jour ou teintée; lampe fluorescente blanc froid, blanc chaud ou lumière du jour; etc.

18. **Article** : Attribuer des numéros d'article aux divers types de luminaires d'appoint utilisés dans l'aire.

19. **Surface de travail éclairée** : Inscrire la surface de travail (bureau au autre équipement) pour laquelle chaque type de luminaire d'appoint est utilisé.

20. **Nombre de luminaires** : Inscrire le nombre de luminaires d'appoint de chaque type utilisés dans l'aire.

21. **Puissance et type** : Inscrire la puissance de la lampe et son type.

22. **Description du luminaire** : Inscrire le nom du fabricant et le numéro de catalogue s'il est connu. Indiquer si la lampe est en dehors du champ de vision des travailleurs.

23. **Condition matérielle** : Indiquer si le luminaire est propre et en bon état de fonctionnement.

24. **Autres données** : Fournir par numéro d'article tout autre renseignement qui puisse sembler important.

25. **Aire ordinaire à luminaires espacés symétriquement en deux rangées ou plus:** Étape 1 du tableau 4. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points a–1, a–2, a–3 et a–4 pour des pleins faisceaux lumineux types. Relever puis inscrire les mesures prises aux postes a–5, a–6, a–7 et a–8 pour un faisceau lumineux central type. Additionner les lectures "a" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "A" et l'inscrire.

    Étape 2 du tableau 4. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points b–1, b–2, b–3 et b–4 pour des demi–faisceaux lumineux types de chaque côté du local. Additionner les lectures "b" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "B" et l'inscrire.

    Étape 3 du tableau 4. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points c–1, c–2, c–3 et c–4 pour des demi–faisceaux lumineux types à chaque extrémité du local. Additionner les lectures "c" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "C" et l'inscrire.

    Étape 4 du tableau 4. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points d–1 et d–2 pour un quart de faisceau lumineux type dans deux coins du local. Additionner les lectures "d" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "D" et l'inscrire.

26. **Aire ordinaire à luminaire unique situé symétriquement** : Étape 1 du tableau 5. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points d–1, d–2, d–3 et d–4 pour tous les quatre quarts de faisceau lumineux. Additionner les lectures "d" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "D" et l'inscrire.

27. **Aire ordinaire à une seule rangée de luminaires :** Étape 1 du tableau 6. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points b–1 à b–8 pour quatre demi–faisceaux lumineux types situés deux de chaque côté de l'aire. Additionner les lectures "b" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "B" et l'inscrire.

Étape 2 du tableau 6. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points d–1 et d–2 pour un quart de faisceau lumineux type dans deux coins du local. Additionner les lectures "d" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "D" et l'inscrire.

28. **Aire ordinaire à au moins deux rangées continues de luminaires :** Étape 1 du tableau 7. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points a–1, a–2, a–3 et a–4 situés près du centre de l'aire. Additionner les lectures "a" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "A" et l'inscrire.

Étape 2 du tableau 7. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points b–1 et b–2 situés au centre de chaque côté du local et à mi–chemin entre la rangée extérieure de luminaires et le mur. Additionner les lectures "b" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "B" et l'inscrire.

Étape 3 du tableau 7. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points c–1, c–2, c–3 et c–4 à chaque extrémité du local. Additionner les lectures "c" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "C" et l'inscrire.

Étape 4 du tableau 7. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points d–1 et d–2 dans deux coins types du local. Additionner les lectures "d" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "D" et l'inscrire.

29. **Aire ordinaire à une seule rangée continue de luminaires :** Étape 1 du tableau 8. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points b–1 à b–6. Additionner les lectures "b" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "B" et l'inscrire.

Étape 2 du tableau 8. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points d–1 et d–2 dans deux coins types du local. Additionner les lectures "d" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "D" et l'inscrire.

30. **Aire ordinaire à plafond lumineux avec ou sans paralumes :** Étape 1 du tableau 9. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points a–1, a–2, a–3 et a–4 situés au hasard dans la partie centrale du local. Additionner les lectures "a" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "A" et l'inscrire.

Étape 2 du tableau 9. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points b–1 et b–2 situés à 60 cm de chaque mur longitudinal et à une distance donnée de l'axe transversal du local. Additionner les lectures "b" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "B" et l'inscrire.

Étape 3 du tableau 9. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points c–1 et c–2 situés à 60 cm de chaque mur latéral et à une distance donnée de l'axe longitudinal du local. Additionner les lectures "c" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "C" et l'inscrire.

Étape 4 du tableau 9. Prendre puis inscrire les mesures prises aux points d–1 et d–2 situés aux coins diagonalement opposés à 60 cm de chaque mur. Additionner les lectures "d" et déterminer leur moyenne. Désigner la moyenne "D" et l'inscrire.

Phases II et III, Mesures de l'éclairement des surfaces de travail

Instrument : luxmètre; consigner le nom, le type, le modèle et les détails d'étalonnage.

Il est recommandé d'effectuer les opérations suivantes :

a. Mettre sous tension le réseau d'éclairage et le laisser stabiliser thermiquement et photométriquement; laisser stabiliser le luxmètre aussi.

b. S'assurer que le travailleur se trouve dans sa position de travail normale.

c. Placer la photocellule sur le plan utile (horizontal, vertical ou incliné) où est effectuée la tâche visuelle. Ne pas éliminer les ombres faisant normalement partie du poste de travail; éliminer l'effet de l'éclairage naturel.

d. Tout en se reportant à la figure ci–dessous, centrer le quadrillage de mesure par rapport à la surface de travail et mesurer l'éclairement en chaque point. Il est commode de confectionner un gabarit de mesure permanent sur une feuille de mylar transparent (utiliser les coordonnées du tableau 10).

e. Calculer l'éclairement moyen et vérifier s'il est conforme aux exigences.

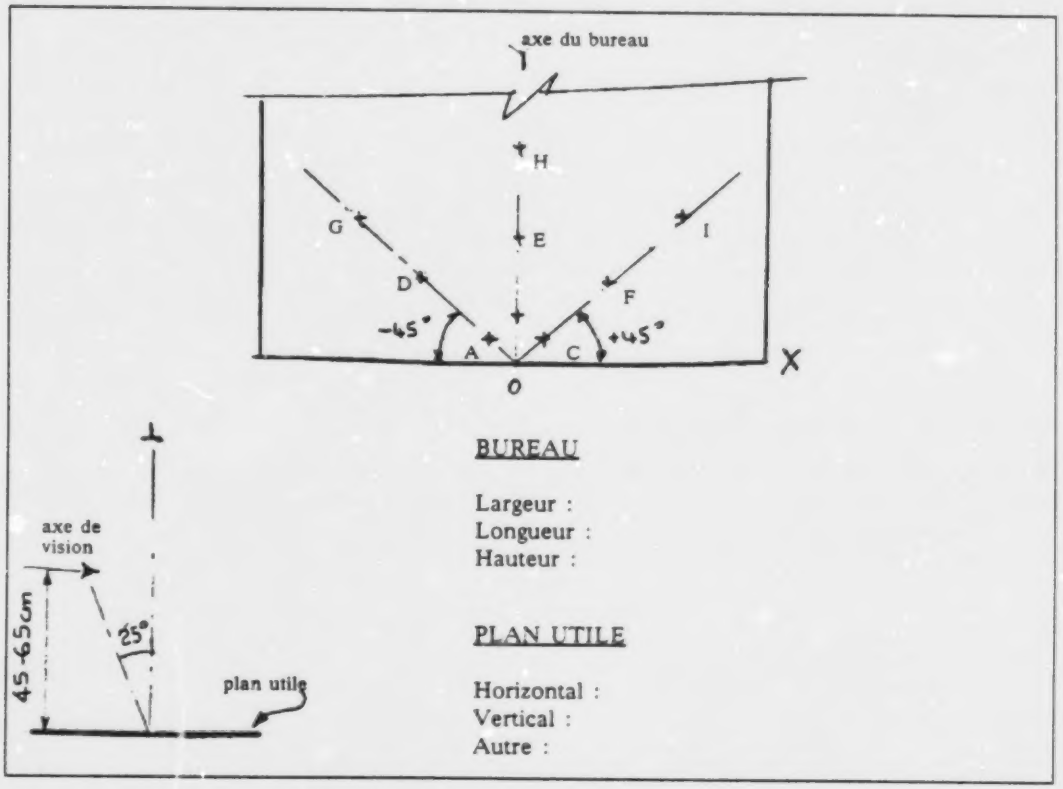


Figure 5.4.2 **Points de mesure pour le relevé de l'éclairement de la cibile visuelle de phases II et III**

Point de mesure	clairement (lux)		Remarques
	clairage général	clairage localisé seulement	
A			
B			
C			
D			
E			
F			
G			
H			
I			
Moyenne			
Moyenne globale			

Point de mesure	Coordonnées (mm)	
	X	Y
A	−160	25
B	0	35
C	160	25
D	−130	130
E	0	190
F	130	130
G	−470	280
H	0	400
I	470	280

Tableau 5.4.2 **Relevé de l'éclairement de cible visuelle de phases II et III**

Phase 1, Mesures de luminance

Instrument : luminancemètre 1°; consigner le nom, le type, le modèle etles détails d'étalonnage.

Il est recommandé d'effectuer les opérations suivantes :

a. Mettre sous tension le réseau d'éclairage et le laisser stabiliser thermiquement et photométriquement; laisser stabiliser le luminancemètre aussi.

b. S'assurer que tous les circuits d'éclairage (y compris ceux d'éclairage ponctuel) sont sous tension.

c. Sur un plan de plancher à échelle réduite, marquer les surfaces observées de luminance ou d'éblouissement très élevés.

d. Prendre des mesures aux points indiqués ci–dessus et dans leur voisinage immédiat et inscrire les résultats sur le plan tout en indiquant la position d'observation.

e. Vérifier que le rapport entre les luminances élevées et celles du voisinage immédiat ne dépasse pas 40:1.

Phase II, Mesures de luminance

Instruments : luminancemètre; consigner le nom, le type, le modèle et les détails d'étalonnage; inclinomètre

a. Mettre sous tension le réseau d'éclairage et le laisser stabiliser thermiquement et photométriquement; laisser stabiliser le luminancemètre aussi.

b. S'assurer que tous les circuits d'éclairage (y compris ceux d'éclairage ponctuel) sont sous tension.

c. Identifier les postes de travail qui présentent des luminances apparemment courantes et ceux qui présentent des luminances apparemment supérieures ou inférieures.

d. Tout en se reportant au tableau 5.4.3 et aux instructions connexes, mesurer et inscrire les luminances dans le champ de vision d'observateurs se trouvant aux postes de travail identifiés au paragraphe c ci-dessus.

e. Vérifier que les rapports entre la luminance de la cible visuelle et la luminance ambiante ne dépassent pas les valeurs suivantes :

Rapport de la cible à l'arrière-plan immédiat	1 : 1/3
Rapport de la cible aux surfaces foncées	1 : 1/10
Rapport de la cible aux surfaces claires	1 : 10
Rapport de la cible aux fenêtres	1 : 20
Rapport de la cible à tout point du champ de vision	1 : 40

f. Si possible réponder aux questions au page d'observation "Caractéristiques générales de l'environnement visuel".

Emplacement	Luminosité en cd/m²					
	A	B	C	D	E	F
Luminaire à 45° au-dessus du niveau des yeux						
Luminaire à 30° au-dessus du niveau des yeux						
Luminaire à 15° au-dessus du niveau des yeux						
Plafond, au-dessus du luminaire						
Partie supérieure du mur ou plafond à côté du luminaire						
Partie supérieure du mur entre deux luminaires						
Mur au niveau des yeux						
Colonne						
Plancher						
Persiennes ou stores						
Fenêtres						
Cible visuelle						
Arrière-plan immédiat de la cible visuelle						
Périphérie de l'arrière-plan de la cible visuelle						
Plus grande luminosité dans le champ de vision						

Tableau 5.4.3 **Mesures de luminance ambiante (voir instruction 1)**

Description de la plus grande luminance :

Caractéristiques générales de l'environnement visuel (voir instruction 2)*

Pourcentage de travailleurs assujettis à un éblouissement direct excessif provenant

du système d'éclairage général _____

de l'éclairage d'appoint _____

de l'éclairage naturel _____

S'il y a des moyens de commande de la lumière du jour, sont-ils utilisés de la façon la plus efficace possible pour réduire l'éblouissement au minimum? _____

Quel pourcentage des travailleurs sont assujettis à des ombres gênantes aux surfaces de travail ?

_____

D'après vous, quelle est la qualité du système d'éclairage général ? (bonne, assez bonne, mauvaise) _____

*Ces questions s'adressent à un professionnel compétent en l'art et la science de l'éclairage.

D'après vous, quelle est la qualité du système d'éclairage d'appoint ? (bonne, assez bonne, mauvaise) _____

Évaluer l'ensemble du local du point de vue du bien-être et du confort visuel des travailleurs (bon, assez bon, mauvais) _____

Changements demandés pour améliorer l'environnement visuel

_____

_____

Autre commentaire ? _____

_____

Instructions

1. Occuper la position du travailleur au point de mesure A. Sur le croquis, indiquer le point A et la direction d'observation en inscrivant une lettre et en traçant une flèche. Orienter l'appareil de mesure vers la zone de la plus grande luminosité d'un luminaire situé à environ 45° au-dessus du niveau des yeux dans la direction à laquelle le travailleur fait face. Équilibrer la luminance des champs de l'appareil de mesure. Inscrire la lecture en cd/m^2.

   Tout en demeurant dans la même position, recommencer cette opération pour un luminaire situé à environ 15° au-dessus du niveau des yeux. Inscrire cette lecture.

   Toujours dans la même position, prendre une mesure en un point du plafond immédiatement au-dessus d'un luminaire proche. Inscrire cette lecture.

Toujours dans la même position, prendre une mesure en un point du plafond à mi-chemin de deux luminaires proches. Inscrire cette lecture.

Toujours dans la même position, prendre une mesure en un point du plafond ou de la partie supérieure d'un mur immédiatement à côté du luminaire situé à environ 15° au-dessus du niveau des yeux et dont on a pris la mesure auparavant.

Toujours dans la même position, effectuer le reste des mesures du tableau 5.4.3. Consigner les résultats.

Si les fenêtres sont équipées de persiennes, ouvrir ces dernières et mesurer la luminosité de la vitre des fenêtres ou de la vue qu'elles offrent. Ceci indiquera le pire cas.

Tâche visuelle – travail proprement dit

Cible visuelle – papier ou autre matériau faisant l'objet du travail

Arrière-plan immédiat – sous-main, dessus de bureau ou autre surface adjacente à la cible visuelle, dans un cône de 60° vu par le travailleur effectuant une tâche visuelle.

Périphérie de l'arrière-plan – zone extérieure au cône de 60°, vue par le travailleur effectuant une tâche visuelle.

Choisir par inspection visuelle la plus grande luminance de tout le champ de vision du travailleur. Mesurer et consigner cette luminance accompagnée d'une courte description de l'emplacement par rapport au champ de vision du travailleur.

Décrire la source de la plus grande luminance, par exemple luminaire d'éclairage général, luminaire d'éclairage ponctuel, fenêtre; tant de degrés à droite ou à gauche, tant de degrés au-dessus de l'horizontale.

Occuper successivement les positions B à F et relever autant de lectures que nécessaire pour obtenir un échantillon représentatif de la répartition de la luminance. Recommencer toutes les mesures décrites ci-dessus et consigner les résultats tout en indiquant les emplacements et les orientations sur le croquis.

2. Tout l'éclairage de l'aire, soit l'éclairage général et l'éclairage d'appoint, doit fonctionner normalement. Occuper successivement les positions A à F du tableau 5.4.3 et consigner ses réactions personnelles aux diverses conditions. Demeurer dans au moins trois de ces positions pendant plusieurs minutes avant de consigner ses impressions. Simuler les opérations du travailleur le plus fidèlement possible, y compris les mouvements des mains et de l'ouvrage. Imiter dans la mesure du possible les habitudes visuelles du travailleur en observant avec une attention soutenue l'ouvrage pendant une ou deux minutes tout en levant momentanément les yeux de temps à autre.

Phase III, Mesures de luminance

Instruments : luminancemètre 1°, lentilles adaptatrices, trépied, inclinomètre, appareil Polaroid; consigner le nom, le type, le modèle et les détails d'étalonnage des instruments.

Cette phase exige des mesures plus détaillées que celles de la phase II. Commencer par les mêmes étapes qu'à la phase II. De plus, prévoir des mesures de toutes les surfaces de nature très claire ou très foncée qui se trouvent à l'intérieur du champ de vision de l'observateur. Étudier également les effets profonds de la lumière du jour.

Mesurer la luminance des cibles visuelles, des fonds et des milieux, puis comparer ces valeurs avec les rapports maximaux du partie e. au phase III du Mésures de luminance.

Au poste de travail choisi, prendre une photo instantanée à partir de la position de travail habituelle pour ce poste, pendant que les lumières sont allumées. Le champ de vision doit comprendre toute source de lumière du jour qui est normalement perçue de cette position ainsi que les surfaces de travail et leur arrière–plan. Lorsque des problèmes d'éblouissement ont été signalés, il peut être nécessaire de prendre une série de photos afin d'inclure toutes les surfaces à mesurer.

Utiliser alors le luminancemètre de la même position pour mesurer la luminance d'une série de sources et de surfaces. Marquer ces valeurs directement sur les photos avec un stylo feutre à pointe fine.

Les points types de mesure de la luminance comprennent : le ciel visible, des objets à l'extérieur, les cadres de fenêtre, les murs, le plafond, le plancher et les surfaces de travail.

On peut recommencer cette procédure les lumières éteintes afin d'évaluer la mesure dans laquelle l'éclairage intérieur réduit l'éblouissement, et la nuit afin d'évaluer la mesure dans laquelle l'éclairage naturel augmente les luminances ambiantes.

5.4.3. Relevés de l'éclairage électrique de l'extérieur

Généralités

La plupart des concepts décrits au section 5.4.1 s'appliquent ici. Cependant, il faut aussi tenir compte des points suivants :

- Assurer l'exclusion de l'éclairage externe.
- Un ciel couvert influe sur les lectures.
- La présence de neige peut avoir un effet considérable sur la luminance et sur l'éclairement.
- L'ombre de l'opérateur peut poser un plus grand problème;
- La couleur des vêtements de l'opérateur peut avoir une plus grande influence sur les lectures.
- Des conditions ambiantes extrêmes peuvent exiger des corrections de température appropriées et des précautions de manipulation des appareils de mesure.
- La photocellule de l'appareil de mesure doit permettre la mise de niveau en vue des mesures d'éclairement horizontal.

Remarque : Parfois, il est souhaitable d'effectuer des mesures qui comportent certains des facteurs problèmes décrits ci–dessus afin de déterminer leur effet sur l'intensité et la répartition de la lumière.

Phases I et II, Mesures de l'éclairement des routes d'accès, des terrains de stationnement et des entrées

Instrument : luxmètre pour faibles niveaux d'éclairement; consigner le nom, le type, le modèle et les détails d'étalonnage.

Les immeubles et complexes d'immeubles sont souvent desservis par des routes d'accès privées menant à des terrains de stationnement et par des entrées.

Voici les étapes recommandées :

a. Utiliser un plan de l'emplacement d'échelle appropriée sur lequel on peut indiquer les points de mesure.

b. Diviser les routes et voies d'accès en sections égales d'au moins trois mètres de largeur, se terminant à l'axe d'un luminaire. Diviser les terrains de stationnement en deux aires : la première est l'entrée/sortie et elle est considérée comme une route d'accès; la seconde est l'aire de stationnement, qui a normalement cinq mètres de profondeur, et dans ce cas, on utilise le centre pour déterminer les points de mesure. Diviser les entrées en carrés de trois mètres de côté (voir figure 5.4.3 à titre d'exemple).

c. Effectuer des mesures pour au moins trois luminaires de caractéristiques et espacement identiques; dans le cas d'espacements, types de luminaires, types de lampes ou montages différents, prévoir des points de mesure supplémentaires.

d. Choisir le centre de chaque carré déterminé comme point de mesure. De plus, choisir des points vis à vis des luminaires et à mi–chemin entre ces derniers pour mesurer les niveaux d'éclairage maximal et minimal éventuels. Dans le cas des courbes, situer un point de mesure immédiatement avant et après ainsi qu'au centre.

e. À chaque point de mesure, placer la sonde parallèlement à la surface de la route à une hauteur maximale de 15 cm.

f. Dans le cas des aires de grandes dimensions, mesurer régulièrement des points de référence pour s'assurer que le luxmètre fonctionne toujours bien (c.–à–d. qu'il n'a pas subi l'effet des conditions ambiantes).

g. Obtenir le niveau d'éclairement moyen de chaque section de route représentative en additionnant les lectures relevées et en divisant le résultat par le nombre de lectures; noter également les niveaux minimal et maximal.

h. Vérifier la conformité aux tableaux 5.4.4 et 5.4.5.

i. Préparer un rapport d'essai renfermant les données suivantes :

- emplacement;
- date, heure et conditions atmosphériques;
- description des installations et du matériel d'éclairage (y compris les types de lampes et de ballasts et les modes de montage);
- hauteur de montage et espacement réels, conditions ambiantes spéciales, sources de lumière externes, etc.;
- diagramme représentant les points de mesure avec dimensions de référence;
- conditions de fonctionnement du circuit électrique;
- condition des luminaires et temps de fonctionnement en heures;
- données d'essai sous forme de tableau;
- rapports d'éclairement moyen/minimum, maximum/minimum et niveau moyen d'éclairement;
- description et mode d'emploi de l'instrument utilisé.

REMARQUE : Les relevés d'éclairage de façade sont plutôt fastidieux et ne font pas l'objet du présent document. Utiliser des calculs informatiques avec quelques points de mesure sur le terrain pour vérifier si l'éclairage est approprié. Pour de plus amples renseignements, se reporter à la section 12 du Application Volume, 1987, de l'IESNA et à la section 9 du Reference Volume,1984.

Stationnement extérieur

Niveau d'activité	Pour véhicules (lx)	Fact. d'uniformité	Pour la sûreté des piétons (lx)	Pour la sécurité des piétons (lx)	Fac. d'uniformité
Faible	5	4:1	2	9	5:1
Moyen	10	3:1	5	20	5:1
levé	20	3:1	10	40	5:1

	Stationnement couvert	
	Lux	Unif. Ratio
Véhicules et piétons	50	4:1
Rampes et coins	50	4:1
Zones d'entrée	50	4:1

Remarque : Le rapport max/min ne doit pas dépasser 10:1 sur les voies d'accès/sortie ni 40:1 partout ailleurs.

Tableau 5.4.4 **Niveaux moyens recommandés d'éclairement minimal maintenu des terrains de stationnement**

Aire	Niveau d'éclairement (lux)
Trottoirs	10
Sentiers pour piétons	5
Pistes cyclables	10
Tunnels pour piétons	40
Passages supérieurs pour piétons	3
Escaliers	6

Tableau 5.4.5 **Niveaux moyens recommandés d'éclairement minimal maintenu des voies pour piétons**

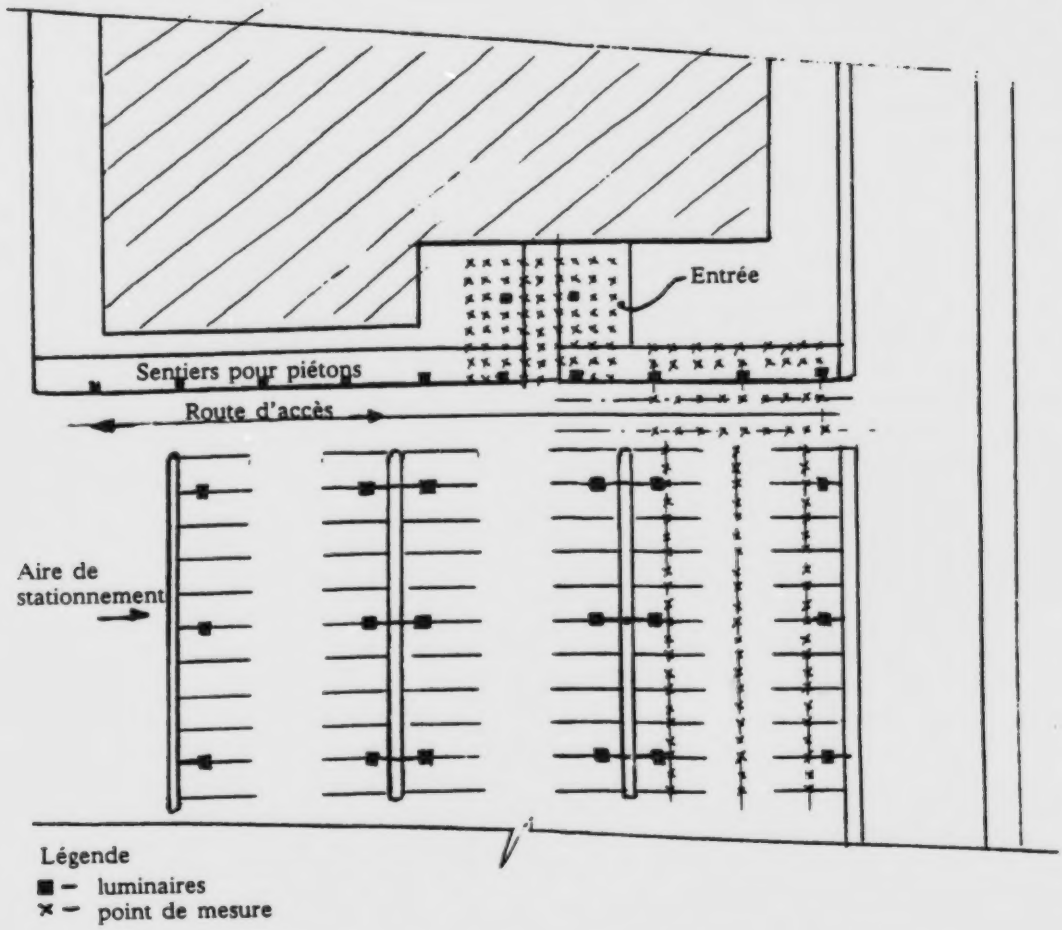


Figure 5.4.3 **Quadrillage de mesure pour terrain de stationnement**

Phase III, Mesures de l'éclairement des routes d'accès, des terrains de stationnement et des entrées

Cette phase exigerait normalement des mesures exhaustives dans le plan vertical ainsi que dans le plan horizontal. Cependant, dans les installations génériques du gouvernement, cette information est rarement requise et ne fait donc pas l'objet du présent document. Pour de plus amples renseignements sur ce sujet, communiquer avec la division du Rendement d'Immeuble centrale de TPC.

5.5 RELEVÉS DES FACTEURS DE RÉFLEXION ET DE TRANSMISSION

Généralités

Il importe de noter que les méthodes des phases I et II présupposent que les surfaces réfléchissent comme des réflecteurs idéaux à répartition de Lambert (c.–à–d. qu'ils diffusent parfaitement) et transmettent sans aucune absorption. En réalité, la réflexion et la transmission se comportent différemment. Toutefois, l'erreur introduite, dans le cas des environnements à bureaux types, est assez réduite et acceptable en vue des grandes simplifications qu'elle permet d'obtenir. Le tableau 5.5.3 donne les propriétés de réflexion et de transmission de matériaux courants.

PHASE I, MESURES DU FACTEUR DE RFLEXION

Instruments : étalons de couleur (disponible des compagnies de peinture), luxmètre

Il y a deux méthodes de base :

a. comparaison avec des étalons de couleur;
b. utilisation d'un luxmètre.

L'utilisation de la première méthode consiste à apparier des étalons de couleur à la surface à l'essai. Les erreurs peuvent être supérieures à 20 %, puisqu'on se fie à l'aptitude de l'opérateur à effectuer un appariement de couleurs valable. L'utilisation de la seconde méthode consiste à placer la photocellule du luxmètre sur la surface à l'essai pour mesurer la lumière incidente et à la placer ensuite à une distance de 5 à 7 cm de cette surface pour mesurer la lumière réfléchie. Il faut avoir soin d'éliminer les ombres et de maintenir le plan de mesure de la photocellule parallèle à celui de la surface à l'essai. On obtient ensuite le facteur de réflexion en pour–cent en divisant la lecture de lumière incidente par la lecture de lumière réfléchie et en multipliant le résultat par 100.

$$R(\%) = \frac{\text{lumière incidente}}{\text{lumière réfléchie}} \times 100$$

La Figure 5.5.1 illustre ce concept.

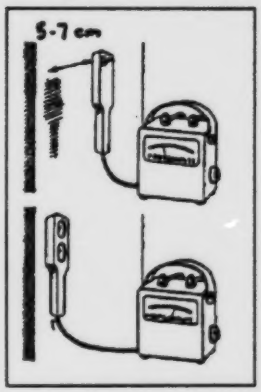


Figure 5.5.1 **Mesures du facteur de réflexion**

Méthode a) Utilisation d'étalons de couleur

Méthode b) Utilisation d'un luxmètre

Pour les relevés, il est suggéré d'effectuer les opérations suivantes :

a. Si l'on utilise un luxmètre, le laisser stabiliser en exposant sa photocellule à la lumière ambiante pendant cinq minutes.
b. Choisir une aire représentative des surfaces ambiantes principales et des surfaces de travail courantes (c.-à-d. les murs, le plafond, le plancher, les bureaux).
c. Utiliser la méthode par appariement de couleurs ou utiliser le luxmètre pour déterminer le facteur de réflexion.
d. Recommencer pour les surfaces particulièrement foncées ou claires qui se trouvent dans le champ de vision de l'observateur.
e. Comparer les résultats avec le tableau 5.5.1.

Tableau 5.5.1 **Facteurs de réflexion moyens recommandés pour un local**

Plafond environ	à peu près	80%
Murs		40 – 70%
Cloisons		40 – 70%
Plancher		20 – 30%
Meubles		25 – 45%
Matériel		25 – 45%
Rideaux		40 – 60%

PHASE II, MESURES DU FACTEUR DE RÉFLEXION

Instruments : luminancemètre (une cellule de 20° ou plus grand est préferer.)

Il est recommandé d'effectuer les opérations suivantes :

a. Si l'on utilise le luminancemètre, le laisser stabiliser en exposant sa photocellule à la lumière ambiante pendant cinq minutes.
b. Placer le tableau de couleurs étalons sur la surface à l'essai.
c. Apparier visuellement une couleur du tableau de couleurs étalons à la surface à l'essai.
d. Mesurer la luminance de la couleur choisie au tableau de couleurs étalons et celle de la surface à l'essai tout en ayant soin que les deux occupent le même endroit matériel.
e. Calculer le facteur de réflexion à l'aide de l'équation suivante :

$$R\ (\%) = \frac{\text{luminance de la surface à l'essai x facteur de réflexion du tableau}}{\text{luminance du tableau de couleurs}}$$

f. Recommencer ce processus pour toutes les surfaces ambiantes et surfaces de travail majeures, en calculant au besoin la moyenne comme suit :

$$\text{Rmoyen (\%)} = \frac{\text{zone}_1 \times R_1 + \text{zone}_2 \times R_2 + \ldots \text{zone}_n \times R_n}{\text{zone}_1 + \text{zone}_2 + \ldots + \text{zone}_n}$$

g. Comparer les résultats avec les valeurs du tableau 1 de la phase I.

PHASE III, MESURES DU FACTEUR DE RFLEXION

Instrument : réflectomètre

Cette phase est recommandée pour les cas où il faut des données précises pour des surfaces à facteur de réflexion inhabituel qui influent sur l'environnement lumineux et qui se comportent très différemment comparés aux surfaces à répartition de Lambert.

Comme les réflectomètres se trouvent normalement en laboratoire, il est suggéré d'envoyer un échantillon du matériau à mesurer à un laboratoire d'essais d'éclairage indépendant pour une analyse appropriée (voir annexe 5.15 pour une liste de ce genre de laboratoires).

PHASE I, MESURES DU FACTEUR DE TRANSMISSION

Instrument : luxmètre

Matériaux : spécifications du vitrage et des rideaux

Recommandations :

a. Des plans d'architecte et des spécifications, obtenir les facteurs de transmission des divers vitrages de l'immeuble. Se reporter au tableau 5.5.2, choisir l'indice de dépréciation du à la saleté des vitres et multiplier cette valeur par le facteur de transmission du verre pour obtenir le facteur de transmission moyen en service.

b. Pour les rideaux, orienter la photocellule vers la face intérieure et prendre plusieurs mesures, puis calculer la moyenne. Ensuite, orienter la photocellule vers les mêmes endroits après avoir écarté les rideaux et mesurer le flux lumineux. Le rapport entre ces deux valeurs multiplié par cent donne le facteur de transmission en pourcentage du matériau des rideaux. Dans la mesure du possible, les matériaux de vitrage doivent être essayés selon le même principe (c.-à-d. les fenêtres fermées, puis ouvertes).

c. Les facteurs de transmission totaux des fenêtres doivent normalement se situer dans la gamme de 40 à 60 % pour assurer la pénétration et la commande appropriées de la lumière du jour. Des cibles visuelles très sensibles à l'éblouissement peuvent exiger des valeurs plus strictes.

Vitres verticales	Conditions intérieures propres	Conditions intérieures sales
Emplacement extérieur propre	0.9	0.7
Emplacement extérieur industriel	0.9	0.6
Emplacement très sale	0.7	0.5

Tableau 5.5.2 **Indice de dépréciation due à la saleté des vitres**

PHASE II, MESURES DU FACTEUR DE TRANSMISSION

Instrument : luminancemètre

Les matériaux de vitrage font l'objet de la phase I. Pour les matériaux des rideaux, effectuer les opérations suivantes :

a. Stabiliser le luminancemètre en exposant sa photocellule à l'éclairage ambiant.
b. Choisir des aires à rideaux représentatifs. Les rideaux comprennent les stores verticaux perforés, les rideaux antiéblouissement et les pellicules antiéblouissement qui ne sont pas liés aux matériaux de vitrage.
c. À partir d'un poste de travail type, orienter le luminancemètre vers le matériau couvrant la fenêtre et consigner le niveau de luminance. Écarter sans délai les rideaux et mesurer la luminance de la fenêtre au même endroit et dans le même plan. Si les rideaux sont inégaux, prendre plusieurs mesures et calculer la moyenne.
d. Calculer le facteur de transmission en pourcentage en divisant la première lecture par la seconde et en multipliant le résultat par 100.
e. Le facteur de transmission doit normalement se situer dans la gamme de 40 à 60 % dans des conditions types, mais peut être réduit à des niveaux beaucoup plus bas dans le cas des cibles très sensibles.

PHASE III, MESURES DU FACTEUR DE TRANSMISSION

Instrument : réflectomètre

Cette phase est recommandée pour les cas où il s'agit de vérifier les caractéristiques de transmission spécialisées (p. ex. diffuseurs, vitrage spécial et pellicules). La détérioration des diffuseurs due aux rayons uv entre en ligne de compte.

Comme l'instrumentation et les techniques de mesure sont hautement spécialisées, il est recommandé de communiquer avec un laboratoire d'essais d'éclairage indépendant pour effectuer ce travail (voir annexe 5.15 pour une liste de ce genre de laboratoires).

(publication autorisée par l'IESNA)

Matériau	Facteur de réflexion * ou de transmission # (pour-cent)	Caractéristiques
FACTEUR DE RÉFLEXION		
Réflexion spéculaire		
Verre à réflexion et à revêtement miroir	80 à 99	Assure la commande directionnelle de la lumière et de la luminosité à des angles d'observation particuliers. Efficace en tant que réflecteur et pourdes effets spéciaux d'éclairage décoratif.
Plastique métallisé et à revêtement miroir	75 à 97	
Aluminium traité anodisé et à revêtement miroir		
Aluminium poli	60 à 70	
Chrome	60 à 65	
Acier inoxydable	55 à 65	
Verre de construction noir	5	
Réflexion étalée		
Aluminium traité (diffus) avec	70 à 80	Réflexion diffuse générale une réflexion spéculaire superficielle de 5à 10 pour-cent de la lumière
Aluminium attaqué à l'acide	70 à 85	
Chrome satiné	50 à 55	
Aluminium brossé	55 à 58	
Peinture à l'aluminium	60 à 70	
Réflexion diffuse		
Plâtre blanc	90 à 92	La réflexion diffuse entraîne une luminosité superficielle uniforme à tous les angles d'observation. Les matériaux de ce type sont de bons fonds réfléchissants pour les voûtes et les formes lumineuses.
Peinture blanche**	75 à 90	
Mail de porcelaine**	65 à 90	
Terre cuite blanche	65 à 80	
Verre de construction blanc	75 à 80	
Pierre à chaux	35 à 65	
FACTEUR DE TRANSMISSION		
Verre		
Clair et à revêtement miroir	80 à 90	Faible absorption; aucune diffusion; transmission concentrée élevée. Utilisé comme plaques de protection de sources de lumière encastrées.
Profilé, teinté, attaqué à l'acide, meulé, sablé et dépoli	70 à 85	Faible absorption; transmission élevée; mauvaise diffusion. N'utiliser que lorsqu'il est supporté par un verre de bonne diffusion ou que les sources de lumière sont placées aux bords d'un panneau pour éclairer le fond.

Tableau 5.5.3 **Facteurs de réflexion et de transmission des matériaux**

Verre opalescent et albâtre	55 à 80	Transmission plus faible que les verres ci–dessus; diffusion acceptable. Utilisé pour obtenir un aspect favorable avec un éclairage indirect.
Verre opalin doublé	30 à 65	Faible absorption; excellente diffusion. Utilisé pour panneaux de luminosité uniforme avec un bon rendement.
Verre opalin massif	15 à 40	Absorption supérieure à celle du verre opalin doublé; excellente diffusion. Utilisé au lieu de ce dernier lorsqu'il faut un aspect blanc.
Matières plastiques Diffuseur prismatique clair	70 à 92	Faible absorption; aucune diffusion; diffusion concentrée élevée. Utilisé comme diffuseur de luminaires fluorescents, de signes et luminaires extérieurs.
Plastique blanc	30 à 70	Absorption élevée; excellente diffusion. Utilisé pour diffuser des images de lampe, pour rocurer un paspect uniforme des images de lampe et pour procurer un aspect uniforme des luminaires fluorescents.
Plastique de couleur	0 à 90	Livrable dans toute couleur pour des exigences spéciales de rendu des couleurs ou des raisons d'esthétique.
Marbre (imprégné)	5 à 30	Absorption élevée; excellente diffusion. Utilisé pour des panneaux de faible luminosité. Rarement utilisé pour l'éclairage général à cause de son rendement réduit.
Albâtre	20 à 50	Absorption élevée; bonne diffusion. Utilisé pour obtenir un aspect favorable avec un éclairage direct.

* Réflexion spéculaire et diffuse
** Présente une réflexion mixte (diffuse et spéculaire) à moins d'avoir un fini mat.
\# Dans la mesure où la quantité de lumière transmise dépend de l'épaisseur du matériau et de l'angle d'incidence de la lumière, les chiffres donnés sont basés sur l'épaisseur utilisée généralement dans les applications d'éclairage et sur des angles d'incidence d'environ 90°.

Tableau 5.5.3 **Facteurs de réflexion et de transmission des matériaux** (suite)

5.6 ÉTUDE DE L'ENVIRONNEMENT ET DU FONCTIONNEMENT DES LUMINAIRES

INTRODUCTION

Le rendement technique et économique de tout système d'éclairage dépend de la mesure dans laquelle les caractéristiques électriques, thermiques et fonctionnels de ce système s'approchent des conditions de conception. Un système d'éclairage est souvent incapable de fonctionner de la façon prévue parce qu'il fonctionne en dehors des plages recommandées.

Les relevés doivent être conçus de façon à collecter toutes les données relatives à l'environnement et au fonctionnement. Les paragraphes suivants sont destinés à grouper des caractéristiques courantes sous une même rubrique. Il n'y a qu'une seule phase de diagnostic et il est suggéré d'analyser toutes les questions traitées ici au fur et à mesure qu'elles se présentent.

PARAMÈTRES ÉLECTRIQUES

Instrument : multimètre

Les paramètres électriques des exigences de fonctionnement des lampes et ballasts sont fournis par les normes ANSI C82.1 (1985), C82.2 (1984), C82.5(1983), C82.6 (1981) et C82.9 (1981).

Cependant, certaines sources de lumière et commandes (p. ex. lampes fluorescentes compactes PL et Quadraplex, ballasts d'électricité et autres éléments) n'ont pas de spécifications normalisées. Dans ce cas, il est recommandé de communiquer avec le fabricant de chaque élément pour obtenir un jeu complet de spécifications et des informations pertinentes au sujet de leur fonctionnement conjointement avec d'autres éléments du luminaire (p. ex. interaction entre les lampes, le ballast, le réflecteur et l'appareillage de commande).

Règle générale, les paramètres de fonctionnement suivants nécessitent des informations particulières.

- tension/courant d'alimentation, c.c. ou c.a. avec forme d'onde acceptable et tolérances;
- variation de tension ne dépassant pas 2 %;
- fréquence de l'alimentation et tolérance;
- puissance utile et régulation de puissance dans les plages de fonctionnement;
- facteur de crête maximal de tension/courant;
- niveau maximum accepté d'harmoniques;
- tension et régulation de tension des cathodes, le cas échéant;
- courant et régulation de courant des cathodes, le cas échéant;
- exigences de câblage (p. ex. surdimensionnement, mise à la terre séparée);
- type et limitations des ballasts;
- type et limitations des commandes.

Il faut procéder avec prudence lorsqu'on examine des rechanges économes d'énergie. Dans ce cas, il faut consulter les spécifications électriques d'origine et déterminer si le

luminaire mis à jour les respecte toujours. Il arrive assez souvent que tel n'est pas le cas des points de vue électrique, thermique et sécurité incendie. La non-conformité aux spécifications d'origine de l'élément risque d'annuler la garantie de ce dernier.

PARAMÈTRES MÉCANIQUES

Cette rubrique générale porte sur l'évaluation des luminaires installés des points de vue de leur robustesse mécanique, de leur montage et de leur effet sur le système CVCA de l'immeuble.

Robustesse mécanique

Normalement, la vérification sur le terrain de la rigidité et de la robustesse mécanique des luminaires n'est pas effectuée à l'aide d'instruments mais plutôt par évaluation visuelle. L'inspection visuelle ne doit pas révéler de flèche supérieure à 12 mm. Cette exigence s'applique aux plafonds suspendus à profilés en T, aux diffuseurs encadrés et aux diffuseurs encastrés. Vérifier que les luminaires assujettis à des vibrations sont équipés d'amortisseurs appropriés. Vérifier le luminaire pour s'assurer qu'il n'y a pas de fuite de lumière et, dans le cas des types à l'épreuve des intempéries, qu'il y a un joint approprié. Vérifier qu'il y a une fixation à l'épreuve du tripotage s'il y a lieu (dans le cas des installations sur mât, des zones de sécurité, des aires de premiers soins, etc.).

Montage

S'assurer que le mode de montage convient à la taille et au poids du luminaire. Les grandes lampes fluorescentes et beaucoup de grandes lampes à décharge à haute intensité exigent souvent des douilles de serrage et des supports structuraux de conception spéciale.

Les luminaires d'extérieur sont souvent soumis aux contraintes des éléments et il faut vérifier leur quincaillerie de montage à la recherche de dégâts dus aux contraintes mécaniques. De plus, vérifier les treuils et autres mécanismes incorporés pour voir s'ils ne sont pas usés et s'ils conviennent aux pratiques d'entretien réelles.

Intégration au système CVCA

Lorsque les luminaires font partie du système de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air, l'aide d'un ingénieur-mécanicien est essentielle. Chaque luminaire fait partie du système de chauffage de l'immeuble et est donc du ressort de l'ingénieur-mécanicien.

Comme la compétence dans ce domaine relève de la mécanique, cet aspect est attribué à cette discipline alors que les questions énergétiques sont attribuées à la discipline du rendement énergétique.

Chocs mécaniques

Les chocs mécaniques peuvent se présenter sous la forme de la libération soudaine d'énergie mécanique ou de vibrations prolongées. Dans les deux cas, les chocs entraînent la défaillance prématurée de divers éléments du luminaire.

Des techniques d'installation améliorées ou plus appropriées et(ou) l'utilisation de lampes à l'épreuve des chocs représentent les meilleures solutions aux problèmes de chocs.

PARAMÈTRES ENVIRONNEMENTAUX

Instrument : sonde thermométrique, autres instruments s'il y a lieu.

Température ambiante

La température ambiante influe sur les caractéristiques de fonctionnement des luminaires et de la plupart de leurs éléments. Ce sont la lampe et le ballast qui subissent les effets les plus notables. Mesurer la température ambiante et la température de la surface de la lampe ainsi que de celle du ballast et comparer les résultats aux lignes directrices suivantes :

a. La température ambiante doit être d'environ 25 °C pour un fonctionnement optimal des lampes fluorescentes. La température n'a pas beaucoup d'effet sur les lampes à décharge à haute intensité, sauf sur la tension d'amorçage requise, qui augmente si la température est égale ou inférieure à −25 °C.
b. La température de la lampe doit être d'environ 37 °C pour un fonctionnement optimal des lampes fluorescentes. La température n'a pas autant d'effet sur les lampes à décharge à haute intensité. Cependant, la température du culot ne doit pas dépasser 210 °C et celle de l'enveloppe extérieure ne doit pas dépasser 400 °C pour que les éléments maintiennent leur intégrité.
c. La température du boîtier du ballast ne doit pas dépasser 90 °C car chaque augmentation de 10 °C réduit la durée de vie de moitié. Vérifier que la température du plénum, l'emplacement, le mode de montage et les variations de tension ne se combinent pas pour porter la température du boîtier du ballast au-dessus de 90 °C.

On peut utiliser comme ligne directrice un échauffement de 1.2 °C pour toute augmentation de 1 % de la tension d'alimentation.

Effets du vent

Le vent influe sur la température de fonctionnement de la lampe et il faut donc en tenir compte. Le vent peut également exercer des contraintes mécaniques importantes sur le luminaire et cet aspect doit aussi entrer en ligne de compte.

Obtenir de l'information sur le vent du service de météorologie local. Noter aussi les points suivants :

a. On peut compenser l'effet de refroidissement du vent sur les lampes fluorescentes d'extérieur en utilisant une enveloppe en plastique.
b. Les fabricants peuvent procurer la capacité de résistance au vent de leurs luminaires.

Acoustique

La performance acoustique des luminaires varie selon la forme, le matériau et le mode de montage. Lorsque des niveaux de bruit ambiant très bas sont requis, vérifier que la

classe acoustique est la classe A (40 dB). Des exigences plus rigoureuses nécessitent que les ballasts soient montés à distance.

Les mesures de base en acoustique sont décrites dans la documentation générique D08 : Évaluation de l'environnement acoustique.

Autres effets environnementaux

Il peut y avoir de nombreuses autres conditions environnementales qui influent sur le rendement et le fonctionnement des luminaires. Il suffit ici de signaler au lecteur les plus courantes, comme le rayonnement ultraviolet (du soleil ou des lampes), qui jaunit les matières plastiques et les rend cassantes; les chocs thermiques, les conditions extrêmes d'humidité, une quantité excessive de polluants ensuspension dans l'air et un milieu corrosif.

PARAMÈTRES OPTIQUES

Introduction

Les propriétés optiques des luminaires déterminent le flux lumineux livré à une surface. On effectue des études physiques de ces propriétés en examinant un nombre limité de paramètres, alors que l'analyse optique détaillée est laissée aux laboratoires spécialisés en éclairage.

Réflecteur

Le réflecteur est normalement une pièce métallique qui entoure la source de lumière et qui est destinée à diriger le flux lumineux produit d'une façon particulière au moyen de techniques de réflexion. Le tableau 5.6.1 donne les propriétés des finis de matériaux courants utilisés dans les luminaires et on peut s'en servir à titre de ligne directrice pour comparer des luminaires installés.

Les données suivantes doivent être collectées pour chaque type de réflecteur.

a. année d'installation;
b. marque et modèle;
c. matériau, fini et facteur de réflexion;
d. degré de propreté;
e. détérioration visible (égratignures, piqûres, jaunissement).

Comparer ensuite ces données avec les spécifications d'origine ou toute information technique de rénovation subséquente pour s'assurer que

- l'installation est conforme aux spécifications techniques pertinentes;
- les matériaux utilisés pour les rénovations sont conformes au rendement technique prévu à la conception et conviennent à l'usage de l'espace;
- la dégradation du facteur de réflexion ne dépasse pas 10 % de la valeur d'origine.

Suggérer au besoin des corrections après avoir évalué les données collectées.

Type de fini	Méthode d'application *	Fonctions principales **	Couleurs possibles	Nature de la lumière réfléchie	Facteur de réflexion (%)	Résistance# à la chaleur	à la corrosion	à l'abrasion	aux chocs	Stabilité	Inflammabilité
Revêtements organiques											
Vernis	D,B,S	A,P	Incolore ou toute couleur	De mixte à diffuse	10–90	F	F	P	F	F	À combustion lente
Émulsions	D,B,S	A,P	Toutes les couleurs	De mixte à diffuse	10–90	G	G	G	G	G	À combustion lente
Émails	D,B,S	A,P,R	Toutes les couleurs	De mixte à diffuse	10–90	G	G	G	G	G	À combustion lente
Revêtements clairs au four	D,B,S	A,P	Incolore, couleur claire	De diffuse à spéculaire	0	G	G	G	G	G	À combustion lente
Organosols	D,B	A,P	Toutes les coleurs	De mixte à diffuse	10–90	F	E	G	G	F	Nulle
Revêtements céramiques											
Émails vitreux	D,S	A,P,R	Toutes les coleurs	De diffuse à spéculaire	10–90	E	E	E	P	E	Nulle
Émails céramiques	D,S,B	A,R	Toutes les coleurs	De mixte à spéculaire	10–90	E	E	E	P	E	Nulle
Placages métalliques											
Chromé	Électro-déposition	A,P	Fixe; selon la couleur du métal plaqué	De spéculaire à diffuse	60–88	E	E	E	E	E	Nulle
Nickelé	Électro-déposition	A,P		De spéculaire à diffuse	55	E	G	E	E	E	Nulle
Cadmié	Électro-déposition	P		De spéculaire à diffuse	85	G	G	F	P	E	Nulle
Laitonné	Électro-déposition	A		De spéculaire à diffuse	55–80	P	P	F	P	E	Nulle
Argenté	Électro-déposition	A,R		Spéculaire diffuse	85–95	P	P	F	P	E	Nulle
Laminés	Laminage	A,P,R	Toutes les couleur à effet métallique	Mixte	10–90	Selon la nature du laminé					À combustion lente
Revêtements par conversion											
Aluminium anodisé	Électro-chimie	A,P,R	Aluminium naturel (ou une grande variété de couleurs)	De diffuse à spéculaire	60–90	E	E	E	E	E	Nulle
Métallisation sous vide	Cloche à vide	A,R	Aluminium naturel (ou une grande variété de couleurs)	Spéculaire	10–70	Selon la nature du revêtement de protection					Nulle
Déposition sous vide	Cloche à vide	A,R,T	D'incolore jusqu'aux effets d'interférence	De diffuse à spéculaire	0–99	E	E	E	E	E	Nulle

*D - D - immersion, S - pulvérisation, B - pinceau
**A - aspect, P - protection, R - réflexion, T - transmission
#P -- mauvaise, F - acceptable, G - bonne, E - excellente
##Varie selon la couleur

Tableau 5.6.1 **Proprits des finis** (publication autorisée par l'IESNA)

Réfracteur ou diffuseur

Le réfracteur ou le diffuseur est le verre ou la matière plastique placé devant la source de lumière et servant à diriger avec précision le flux lumineux en commandant la transmission. Il est à noter que les diffuseurs en plastique sont les plus courants, et le tableau 5.6.2 les décrit de façon assez détaillée.

Les données suivantes doivent être collectées pour chaque type de réfracteur ou de diffuseur.

a. année d'installation;
b. marque et modèle;
c. matériau, traitement et facteur de transmission;
d. type de montage;
e. niveau de maintenance;
f. détérioration visible (cintrage, dilatation, jaunissement).

Comparer ensuite ces données avec les spécifications d'origine ou toute information technique de rénovation subséquente pour s'assurer que

- l'installation est conforme aux spécifications techniques pertinentes;
- les matériaux utilisés pour les rénovations sont conformes au rendement technique prévu à la conception et conviennent à l'usage de l'espace;
- la dégradation du facteur de réflexion ne dépasse pas 10 % de la valeur d'origine et que le facteur de jaunissement dû au rayonnement ultraviolet ne dépasse pas 3 sur le Fad–O–Meter, type FDA–R. Dans le cas des diffuseurs plats, vérifier le facteur de transmission en mesurant la luminance dans l'axe du luminaire avec diffuseur et en divisant le résultat par la luminance dans l'axe du luminaire sans diffuseur, puis en multipliant le résultat par 100. Les diffuseurs complexes (p. ex. Fresnel, prismatique) et le facteur de jaunissement doivent être vérifiés par un laboratoire d'éclairage indépendant (voir annexe 5.15).

Suggérer au besoin des corrections après avoir évalué les données.

Installation/orientation des luminaires

L'installation et l'orientation des luminaires s'il y a lieu (p. ex. dans le cas de l'illumination et de l'éclairage des routes) sont souvent critiques pour la répartition appropriée du flux lumineux.

Vérifier les points suivants :

a. L'ensemble de montage doit être conforme aux spécifications (vérifier si le luminaire est suspendu/monté et mis de niveau de façon appropriée).
b. L'orientation du luminaire utilisé pour l'illumination ou l'éclairage des routes doit être conforme aux exigences de conception (vérifier que la quincaillerie de montage, la stabilité du poteau, l'inclinaison du support, l'inclinaison du luminaire et la position des douilles de lampe sont conformes aux exigences de conception).

Des réglages peuvent souvent être effectués sur place. Cependant, en cas de problèmes, demander l'aide du fabricant, laquelle consiste habituellement en une ou plusieurs personnes ayant reçu une formation spéciale et disposant d'un dispositif d'orientation à laser et d'autre matériel selon les besoins.

Matériau	Formes courantes										Raisons de l'utilisation et données générales**									
Thermoplastiques																				
ABS ##			X				X	X			X	X	HB-V0		X			X	X	NP	60-110
Acétals ##			X				X				X	X	HB		X			X	X	C	80
Acryliques	X		X	X			X	X			X	X	HB				X	X		N	60-90
Copolymères d'acrylique-styrène			X				X	X			X	X	HB		X	X	X	X		NP-SL	80-95
Acétates de cellulose			X	X	X		X	X				X	HB-V0		X		X	X	X	SL	65-105
Acétobutyrates de cellulose			X	X	X		X	X				X	HB-V0		X		X	X	X	SL	65-105
Propionates de cellulose			X		X		X	X				X	HB		X		X	X	X	SL	70-105
Fluorocarbures TFE			X		X			X			X		V0		X	X				N	260
Nylons ##			X	X	X		X	X			X		HB-V0		X			X	X	CO	80-150
Polycarbonates ##			X				X				X	X	HB-V0				X	X	X	SL	120
Polyéthylènes ##			X	X	X	X	X	X			X	X	HB-V0	X	X	X		X	X	NP	80-120
Polypropylènes ##			X	X	X		X	X			X	X	HB-V0		X	X		X	X	NP	120-160
Polystyrènes ##	X		X	X	X		X	X			X	X	HB-V0		X		X	X	X$	NP	75-95
Copolymères de styrène-acrylonitrile ##			X	X			X	X			X	X	HB-V0		x		x	x		NP	80-95
Vinyles	X		X	X	X	X	X	X			X	X	HB-V0	X	X	X		X	X	SL	65-95
Polysulfons			X			X	X				X	X	V1-V0		X			X	X		150-175
Plastiques thermodurcissables																				
Époxydes	X					X			X	X	X	X	HB-V0		X	X		X		SL	120-290
Mélamines		X							X	X	X	X	V0		X	X		X	X	SL	100
Phénoplastes	X	X				X			X	X	X		HB-V0		X			X	X	D	120
Polyesters (autres que les produits à mouler)	X			X	X				X	X	X	X	HB-V0		X		X		X	SL	150-210
Polyesters		X							X	X			HB-V0		X	X				SL	150-275
Silicones	X	X				X			X	X			HB-V0		X	X				SL-N	315
Urées		X									X	X	V1-V0							G	75

** À titre d'information générale seulement - valuer les produits particuliers d'après les données détaillées du fabricant.

* Conforme à la norme UL 94. Vu la complexité des valeurs nominales d'inflammabilité, obtenir des informations précises sur des produits particuliers du fournisseur des résines de plastique.

NP - protection requise, C - s'effrite, N - aucun, SL - léger, NL - nul, CO - change de couleur, D - brunit, G - grisaille.

Peut être renforcé de verre, ce qui produit généralement des pièces plus robustes, plus rigides ayant une plus grande résistance à la chaleur et une vitesse de combustion plus lente.

$ Combiné à du caoutchouc.

Tableau 5.6.2 **Proprits des plastiques utilisés en éclairage**
(publication autorisée par l'IESNA)

5.7 ÉCLAIRAGE DES BUREAUX ÉQUIPÉS DE TERMINAUX À ÉCRAN DE VISUALISATION

INTRODUCTION

L'étude des espaces à écrans de visualisation comprend des mesures d'éclairement, de luminance, de contraste et de facteur de transmission/réflexion; de plus, elle exige une certaine connaissance du type d'affichage à l'écran (p. ex. utilisation d'une matrice de lignes ou d'une matrice de pixels).

Se reporter aux annexes 5.4 et 5.5 pour les exigences générales des mesures d'éclairement, de luminance, de contraste et de facteur de transmission/réflexion.

PHASE I, ÉVALUATION VISUELLE DE L'ESPACE

Matériel et matériaux : appareil Polaroid, plans de plancher de format réduit, luxmètre.

Cette phase consiste en un examen minutieux des espaces en cause lors d'une visite de l'immeuble et de l'inscription sur un jeu de plans de format réduit des caractéristiques majeures suivantes, qui ont une incidence sur la qualité de l'espace à écrans de visualisation.

a. **Utilisation des terminaux à écran de visualisation** : introduction de données ou communication.
b. **Éclairement moyen des cibles visuelles** : dans le cas d'introduction de données, 500–700 lux; dans le cas de communication, 300–500 lux.
c. **Sources d'éblouissement** : à partir de la position de travail normale de l'opérateur, vérifier s'il y a des sources d'éblouissement dans le champ de vision de l'opérateur (p. ex. fenêtres, luminaires, reflets sur l'écran et autres reflets insouhaitables); (voir Formulaire de relevé d'éclairage à l'annexe 5.4).
d. **Luminances** : à partir de la position de travail normale de l'opérateur, vérifier s'il y a des surfaces très claires ou très foncées dans le champ de vision de l'opérateur (voir Formulaire de relevé d'éclairage à l'annexe 5.4).
e. **Contraste écran** : vérifier les écrans à la recherche de toute détérioration excessive du phosphore (c.–à–d. affichage faible) et vérifier qu'il y a des commandes de réglage du contraste.

PHASE II, MESURES SUR LE TERRAIN

Matériel : voir phase I, plus un luminancemètre, un tableau de couleurs étalons, un trépied à dispositifs de réglage angulaire gradués, un inclinomètre, un évaluateur visuel de TPC.

Tout en utilisant les données collectées au cours de la phase I, effectuer les mesures suivantes, puis comparer les données collectées avec les valeurs de référence entre crochets "( )".

a. hauteur des caractères en mm; [3 mm]
b. éblouissement à l'écran : monter le luminancemètre sur un trépied à angle d'observation naturel de l'observateur dont l'objectif doit se trouver à la

distance visuelle (oeil–écran) normale de l'opérateur et mesurer le point visible le plus clair et le point visible le plus foncé. Calculer le rapport entre ces deux valeurs. [3 : 1]

c. éblouissement dû aux fenêtres : mesurer l'aire de la plus grande luminance des fenêtres visible de la position de travail normale de l'opérateur; [1200 cd/m²]

d. éblouissement dû aux luminaires : mesurer l'aire de la plus grande luminance du luminaire visible de la position de travail normale de l'opérateur; [1200 cd/m²]

e. facteurs de réflexion : mesurer les facteurs de réflexion moyens des surfaces ambiantes visibles de la position de travail normale de l'opérateur;

Plafond	0.7 – 0.8
Murs	0.4 – 0.5
Cloisons	0.4 – 0.5
Plancher	0.2 – 0.3
Terminal	0.3 – 0.4
Rideaux	0.3 – 0.4
Meubles	0.3 – 0.4

f. contraste de l'affichage à l'écran : afficher un texte au centre de l'écran, puis, tout en utilisant le même montage qu'à l'étape b), mesurer la luminance au centre de l'écran, d'abord avec affichage, ensuite sans affichage. Calculer le rapport entre les deux valeurs pour déterminer le contraste approximatif de l'affichage à l'écran; [3:1 – 15:1]

g. commande des lumières : vérifier la couverture de la commande des lumières et l'accessibilité des postes de commande; vérifier le niveau de commande; [commande individuelle, commode et variable dans la mesure du possible]

Un évaluateur visuel portatif pour tester l'acuité visuelle et l'éblouissement visuel est disponible à TPC/AC, Ottawa.

PHASE III, MESURES DÉTAILLÉES SUR LE TERRAIN

Matériel : voir phases I et II, plus lentille adaptatrice pour le luminancemètre, servant à obtenir un champ de 20 degrés (environ), parasoleil, loupe (pour examiner au besoin les détails des matrices de pixels).

Ce type d'étude devrait également porter sur les questions ergonomiques et comprendre une analyse des caractéristiques de contraste réelles des écrans de visualisation. Des mesures de l'acuité visuelle sont souhaitables pour identifier des problèmes de vision éventuels. Une trousse d'évaluation du rendement visuel, disponible du TPC, permettra d'analyser le rendement visuel.

Des questions ergonomiques et une série complète d'essais pour cette phase sont décrites dans le document des Travaux publics Canada.

5.8 RELEVÉS D'ÉCLAIRAGE NATUREL

INTRODUCTION

L'étude de l'incidence de l'éclairage naturel sur l'environnement intérieur est loin d'être facile. La nature multidisciplinaire de l'éclairage naturel et ses caractéristiques dynamiques sont les principales raisons de la complexité de cette tâche. Notre analyse de l'éclairage naturel se limite aux aspects suivants :

a. détermination de la disponibilité (approximative) de lumière du jour;
b. détermination de la pénétration de la lumière solaire directe et des zones à lumière du jour;
c. relevé du facteur de lumière du jour;
d. étude des questions de luminance et d'éblouissement;
e. étude des questions de commande;
f. questions de maintenance;
g. carnet d'inspection de la qualité de l'éclairage naturel.

PHASE I : DISPONIBILITÉ DE LUMIÈRE DU JOUR

Matériel et matériaux : jeu de dessins d'architecte de format réduit de l'ouvrage fini; liste des matériaux d'architecte et données techniques de vitrage; spécifications et dessins de montage; luxmètres (2); luminancemètres, walkies–talkies

La disponibilité de lumière du jour est déterminée selon les critères suivants :

a. Le vitrage représente au moins 20 % de la surface intérieure des murs fenêtrés.
b. Le facteur de transmission réel du vitrage d'une surface vitrée de 20 % doit être d'au moins 70 %. Des exemples d'autres pourcentages de vitrage sont donnés au tableau 5.8.1.
c. Les rideaux ou les stores doivent être faciles à régler pour maintenir les paramètres du par b. ci–dessus.
d. La moyenne de tous les facteurs de réflexion des surfaces intérieures doit être d'au moins 40 % (voir annexe 5.5 pour la mesure des facteurs de réflexion).
e. Le point d'occultation du ciel doit tomber au moins sur la première rangée de surfaces de travail (voir figure 5.8.1.a.).

Lorsqu'un quelconque des critères ci–dessus n'est pas satisfait, on estime que la lumière du jour ne contribue pas beaucoup au niveau d'éclairement des cibles visuelles, et sa présence est considéré comme un agrément.

Facteurs moyens de réflexion du local	0.30 (sombre)			0.60 (clair)		
Angle d'occultation (degrés)	85°	60°	30°	85°	60°	30°
Nombre d'étages au-dessous d'un parapet de l'autre côté d'une rue de 30 m de largeur	0	3	7	0	3	7
Facteur de transmission du vitrage	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0.10	160.1	226.8	453.6	91.5	129.6	259.2
0.20	80.1	113.4	226.0	45.7*	64.8	129.6
0.40	40.0*	56.7	113.4	22.8*	32.4*	64.8
0.70	22.9*	32.4*	64.8	13.0*	18.5*	37.1*

Remarques :

1. Il est supposé que le local a 36 m² d'aire, 6 m de largeur, 4 m deplancher à plancher et 2.5 m de plancher à plafond.
2. Des pourcentages supérieurs à 60 % sont matériellement impossibles puisquele pourcentage de vitrage correspond au rapport entre la surface vitrée nette et l'aire totale des murs extérieurs du local.

* Pourcentage de vitrage maximal admissible aux fins de pratiques types de conservation de l'énergie.

Tableau 5.8.1 **Pourcentages de vitrage nécessaires pour un facteur moyen de lumière du jour de 2 %**

(heures solaire)		janvier		mars		juin	
Ville	Latitude	10 h	12 h	10 h	12 h	10 h	12
Vancouver	49.2°	6 700	11 300	17 000	21 400	25 000	28 350
Edmonton	53.2°	7 300	13 000	18 900	24 000	23 400	26 700
Winnipeg	49.5°	9 440	15 200	20 470	26 000	23 800	27 300
Toronto	43.5°	12 000	18 700	19 600	26 240	27 770	32 500
Ottawa	45.2°	12 900	20 000	21 750	27 500	24 900	28 800
Montréal	45.5°	9 700	15 400	19 000	25 200	26 100	30 000
Halifax	44.4°	10 900	16 620	19 700	24 780	26 100	30 000

* Dérivé de données de mai 1977.

Tableau 5.8.2 **Disponibilité d'éclairement (lux) horizontal extérieur pour certaines villes au Canada***

PHASES II ET III : DISPONIBILITÉ DE LUMIÈRE DU JOUR

Les publications suivantes relatives à des données climatologiques offrent l'information de base de laquelle on peut extraire les données approximatives de lumière du jour.

Solar radiation data analyses for Canada 1967–76, McKay, D.C., Morris, R.J., en six volumes, Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada, Ottawa, Canada K1A 0S9, N° de cat. En56–64/(n° de vol.) 1985

Vol. 1 – Les provinces de l'Alantique	30 $
Vol. 2 – Québec	24 $
Vol. 3 – Ontario	30 $
Vol. 4 – Les provinces des prairies	36 $
Vol. 5 – Colombie Britânique	30 $
Vol. 6 – Le Yukon les territoires du nord–ouest	18 $

De plus, des résumés des climats régionaux donnant le nombre total et le nombre moyen d'heures d'ensoleillement par jour pour chaque mois sont contenus dans **Canadian Climate Normals 1951–1980**, Vol. 9 – Sunshine 1982; n° de cat. ASC En56–60/7–1982.

Utiliser les ouvrages de référence susmentionnés comme suit : Déterminer la disponibilité de lumière du jour en choisissant la valeur appropriée de rayonnement global (RFI) dans la base des données ci–dessus pour la région en cause et en la multipliant par l'efficacité lumineuse moyenne du soleil (115 lm/watt).

Le résultat est en lux et si l'on tient compte du pourcentage de ciel dégagé et de ciel couvert, on obtient un profil moyen approximatif de la disponibilité locale de lumière du jour.

Cette information est ensuite utilisée comme données d'entrée d'un progiciel conçu pour produire toute une gamme de données, allant de la mise en schéma de l'éclairement et de la luminance de toute surface principale du local aux indices de contraste et d'éblouissement, aux stratégies d'intégration de l'éclairage naturel à l'éclairage électrique et aux questions relatives à l'énergie (se reporter à l'annexe 5.16 pour une liste de programmes).

PHASES I ET II : PÉNÉTRATION DE LA LUMIÈRE SOLAIRE DIRECTE ET ZONES À LUMIÈRE DU JOUR

Matériel et matériaux : plan de l'emplacement, coupes de l'immeuble, rapporteur et abaques d'ensoleillement.

1. <u>Pénétration de la lumière solaire directe</u>

   On détermine la pénétration de la lumière solaire directe selon la méthode du pire cas au moyen d'un rapporteur et d'abaques d'ensoleillement (ci–joints). Le pire cas correspond aux zones de travail près des fenêtres qui reçoivent la lumière solaire directe à un moment quelconque de l'année. Procéder comme suit :

   a. Choisir un poste de travail qui servira de référence.
   b. Préparer un dessin de l'emplacement où figurent les obstructions extérieures qui influent sur la pénétration de la lumière du jour.

c. Tracer une ligne du haut du point de référence du poste de travail à travers la fenêtre jusqu'au sommet des obstructions extérieures et, au moyen d'un rapporteur, mesurer l'angle formé par cette ligne et le plan utile horizontal; cet angle est appelé angle d'occultation du ciel.

d. Choisir l'abaque d'ensoleillement* pour la latitude de la région et inscrire sur l'axe des Y l'angle d'occultation du ciel.

e. Repérer la zone au-dessus de la valeur de l'angle d'occultation du ciel : cette zone donne les moments de l'année où la lumière solaire directe tombe sur la surface de travail. Idéalement, cette zone devrait être nulle. Dans le cas contraire, on peut la réduire à zéro à l'aide de techniques de traitement des fenêtres (stores, écrans, etc.).

f. La figure 5.8.1 représente un exemple. Sur la figure 5.8.1(a), l'angle d'occultation du ciel pour l'étage inférieur est de 45°. D'après l'abaque d'ensoleillement (figure 5.8.1(b)), la pénétration de la lumière solaire directe est le pire le 21 juin, date à laquelle elle dure de 9 h à 15 h. On peut résoudre le problème en installant un store court capable de bloquer la partie supérieure de la fenêtre (correspondant à un angle d'occultation supplémentaire de 20° environ).

2. Zones à lumière du jour

La pénétration de la lumière du jour, qui exclut toujours la lumière solaire directe, dépend des dimensions des fenêtres, de leur facteur de transmission et des obstructions extérieures. Règle générale, il est possible de décrire trois zones à lumière du jour, à savoir :

- la zone à lumière du jour primaire (zone 1). Cette zone s'étend perpendiculairement à la surface de la fenêtre à une distance égale à deux fois la partie de la hauteur de la fenêtre qui dépasse 750 mm. Les espaces voisins de grandes surfaces vitrées sont inclus jusqu'à une distance de 3 m du bord de la fenêtre (voir figure 5.8.2).
- la zone à lumière du jour secondaire (zone 2). Cette zone s'étend de la limite de la zone 1 jusqu'à une distance égale à trois fois la partie de la hauteur de la fenêtre qui dépasse 750 mm. Les espaces voisins de grandes surfaces vitrées sont inclus jusqu'à une distance de 3 m du bord de la fenêtre (voir figure 5.8.2).
- la zone d'accès visuel (zone 3). Cette zone comprend tous les autres espaces d'où une surface considérable de la fenêtre est visible.

Remarque : Le point d'occultation du ciel est une limitation matérielle qui réduit considérablement la pénétration de la lumière du jour dans un espace et il faut en tenir compte pour déterminer les zones à lumière du jour.

* Il peut être nécessaire d'interpoler entre deux abaques d'ensoleillement pour obtenir les valeurs correctes pour la latitude locale.

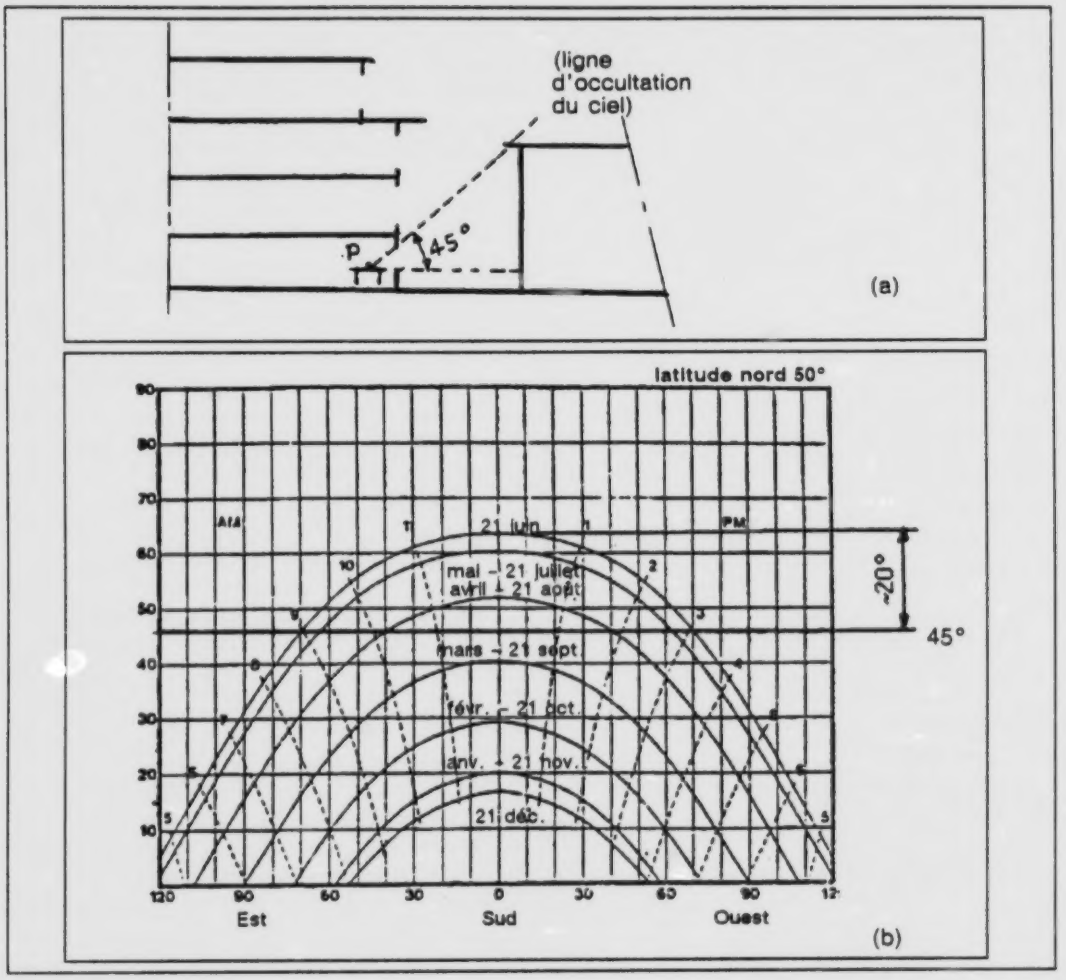


Figure 5.8.1 **Détermination de la pénétration de la lumière solaire directe à l'aide d'abaques d'ensoleillement pour un endroit situé à 50° de latitude nord pour phases I et II.**

Phase I : Choisir un point de référence P et déterminer l'angle moyen d'occultation du ciel (voir figure 5.8.1(a)), puis tracer une ligne correspondant à cet angle parallèlement à l'axe des X (soit 45°) (voir figure 5.8.1(b)). La zone au–dessus de la ligne de 45° donne les heures d'ensoleillement au point de référence P à divers moments de l'année.

Phase II : Recommencer ces opérations, mais cette fois utiliser un transparent où figurent toutes les obstructions qui se présentent au cours des saisons. Déterminer les temps d'ensoleillement en repérant les courbes supérieures à la ligne d'occultation du ciel comme pour la phase I.

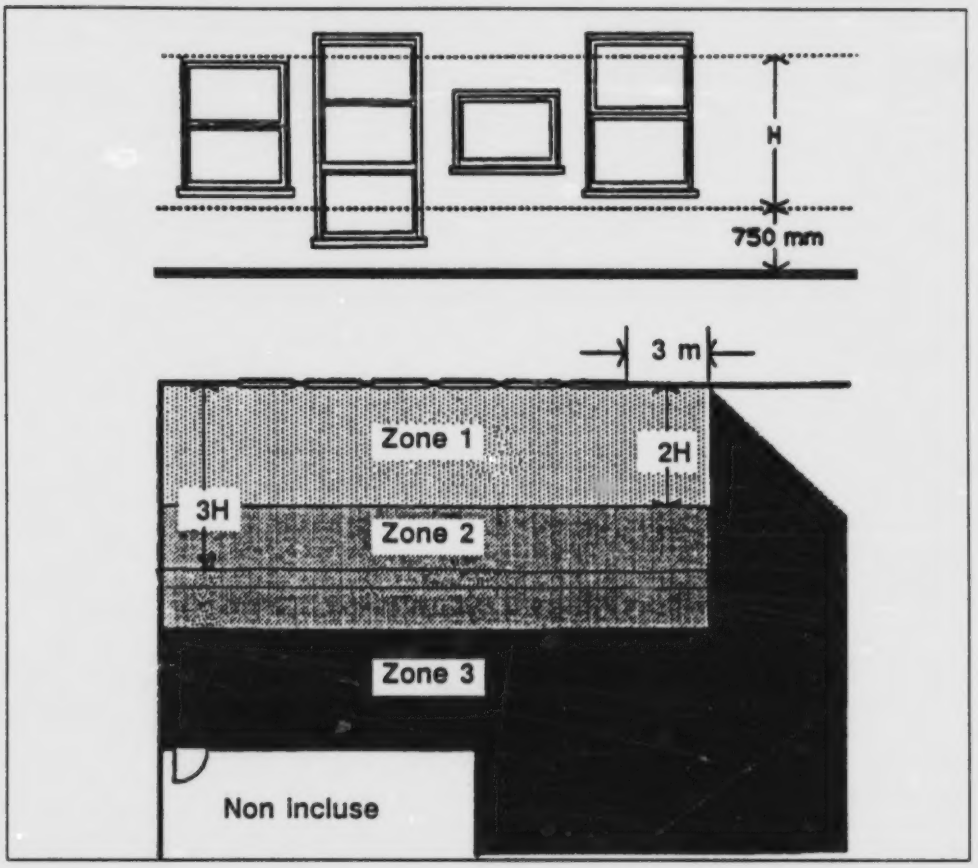


Figure 5.8.2 **Détermination des zones à lumière du jour pour phase I et II**

Phase I : Zone à lumière du jour 1 = 2 x hauteur fenêtre supérieure à 750 mm
Zone à lumière du jour 2 = 3 x hauteur fenêtre supérieure à 750 mm
Zone à lumière du jour 3 = tout point d'où les fenêtres sont visibles

Phase II : Zone à lumière du jour 1 = voir phase I
Zone à lumière du jour 2 = voir phase I ou zone où le facteur moyen de lumière du jour* est au moins 2 % (y compris la zone 1)
Zone à lumière du jour 3 = voir phase I

* Pour une définition du facteur de lumière du jour, voir par.

PHASE I : RELEVÉS DE FACTEUR DE LUMIÈRE DU JOUR

Le facteur de lumière du jour est tout simplement le rapport entre l'éclairement horizontal mesuré sur une surface de travail et l'éclairement horizontal mesuré

simultanément à l'extérieur sous un hémisphère du ciel sans obstruction. Le facteur de lumière du jour est utile car il indique quel pourcentage de la lumière du jour extérieure pénètre dans l'immeuble. Des valeurs moyennes de 2 à 5 % dans les zones à lumière du jour 1 et 2 représentent une contribution utile de la lumière du jour à l'éclairage. Des facteurs moyens de lumière du jour supérieurs à 5 % sont un indice de problèmes éventuels d'éblouissement et de chaleur.

Une méthode approximative de calculer le facteur moyen de lumière du jour pour un espace consiste à utiliser l'équation suivante :

$$ADF = \frac{WTc\theta}{A(1-R^2)}$$

où ADF = facteur moyen de lumière du jour
W = surface vitrée nette
Tc = facteur de transmission du vitrage
θ = vertical angle (degrees/ subtended by the sky visible from the centre of a window
A = aire totale des surfaces intérieures (murs, plafond, plancher, fenêtres)
R = facteur moyen de réflexion pondéré selon la zone de toutes les surfaces faisant partie de A ci-dessus

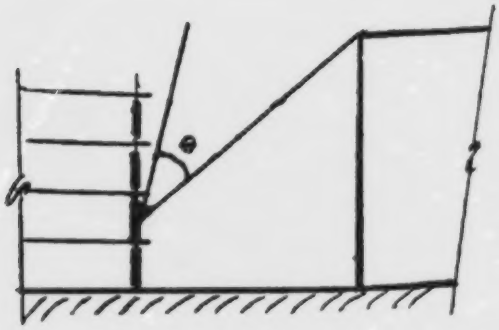


Figure 5.8.3 **Angle de visibilité du ciel (θ)**

Cette équation est valable pour les espaces périmétriques de faible profondeur limités par l'équation suivante :

$$D = \frac{2wh}{(h+w)\ (1-Rb)}$$

où D = profondeur limite
w = largeur du local
h = hauteur du haut de la fenêtre par rapport au plancher
Rb = facteur moyen de réflexion pondéré selon la zone des surfaces de la moitié du local éloignée de la fenêtre

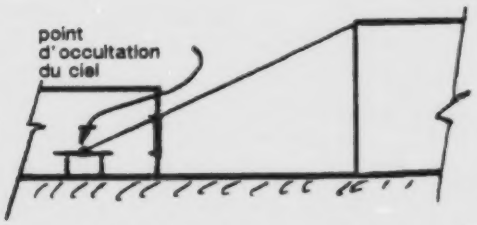


Figure 5.8.4 **Point d'occultation du ciel**

Lorsqu'un local est éclairé des deux côtés, on peut doubler la profondeur limite.

En plus du facteur D, il faut tenir compte de l'emplacement du point d'occultation du ciel qui limite matériellement une bonne partie de la contribution de la lumière du jour. Dans les locaux dont le facteur D est satisfaisant, le facteur moyen de lumière du jour se trouve généralement au milieu du local.

PHASES II ET III : RELEVÉS DE FACTEUR DE LUMIÈRE DU JOUR

La précision des résultats de l'équation du facteur moyen de lumière du jour est assez grande pour les exigences de phase II. La phase III, qui est plus exigeante, nécessite l'utilisation de techniques plus sophistiquées. Nous décrivons ci–dessous deux techniques, l'une faisant appel à un photomètre, et l'autre, à des techniques photographiques.

Phase II : Méthode au luminancemètre

Une méthode approximative de calculer le facteur de lumière du jour consiste à mesurer d'abord la luminance à travers la fenêtre à 42° au dessus de l'horizon dans des conditions de ciel couvert normalisé CIE*. Cette mesure, multipliée par pi (3.14) et par le facteur de transmission du verre, représente l'éclairement horizontal extérieur.

Prendre ensuite une seconde mesure d'éclairement horizontal au niveaude la cible visuelle. Le rapport entre la seconde et la première mesure représente le facteur de lumière du jour.

Pour les mesures du facteur de lumière du jour, respecter la procédure suivante :

a. Choisir les zones à lumière du jour selon une orientation, une élévation, des obstructions extérieures et des caractéristiques architecturales semblables et selon un aménagement et une utilisation semblables des espaces intérieurs; avoir soin de ne pas inclure la ligne d'occultation du ciel.
b. Attendre des conditions de ciel couvert normalisé CIE*.
c. Suivre la méthode normalisée (ci–annexée) de mesure sur le terrain.

Mesure du facteur moyen de lumière du jour pour conditions de ciel couvert seulement

Pour chaque étage ou espace choisi, situer un quadrillage à mailles de 1 500 mm de côté dans les limites des zones à lumière du jour 1 (primaire) et 2 (secondaire). Les mailles commencent à 750 mm des murs fenêtrés et à au moins 750 mm de tous les autres murs proches.

Mesures

Les mesures d'éclairement horizontal extérieur doivent être prises sous un ciel couvert normalisé CIE sans obstruction soit en même temps que les mesures à l'intérieur, soit immédiatement avant et après. Utiliser deux luminancemètres et des walkies–talkies.

Avant : _____ lux Après : _____ lux

* Le ciel couvert normalisé CIE est un ciel nuageux uni dont la luminance à l'horizon est égale au tiers de celle au zénith lorsque le sol est dégagé et à la moitié de celle au zénith lorsque le sol est couvert de neige.

Les mesures à l'intérieur doivent être prises les lumières éteintes à la hauteur de référence de 750 mm pour chaque point de mesure du quadrillage, suivant un trajet de boucles consécutives (voir le diagramme). S'il y a lieu, les stores ou rideaux doivent être entièrement ouverts.

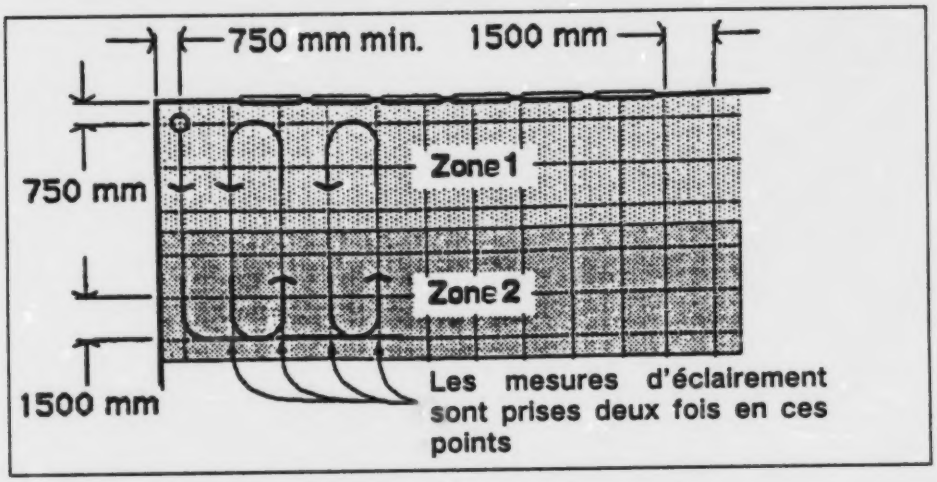


Figure 5.8.5 **Quadrillage de mesure du facteur de lumière du jour**

Calculs

Éclairement extérieur moyen = luminance à 42° x facteur de transmission du verre x 3.14

Le facteur moyen de lumière du jour pour l'espace à l'étude peut être calculé comme suit :

$$\text{Facteur moyen de lumière du jour (\%)} = \frac{\text{Éclairement intérieur moyen}}{\text{Éclairement extérieur moyen}} \times 100$$

Phase III : Méthode photométrique

La méthode photométrique nécessite l'utilisation d'un appareil de mesure de facteur de lumière du jour (qu'on peut obtenir habituellement d'une compagnie de location d'instruments ou d'une université). Si l'on ne peut obtenir ce type d'appareil, utiliser un luminancemètre à multiples entrées de photocellule.

Les mesures sur le terrain suivent les mêmes étapes que la méthode au luminancemètre à l'exception du positionnement de la photocellule de mesure de la luminance extérieure de référence. Cette photocellule doit être positionnée de façon à n'être exposée qu'à un hémisphère du ciel sans obstruction.

Des erreurs seront introduites dans la mesure où l'on s'éloigne de cette condition de référence.

Il est suggéré d'utiliser un enregistreur graphique pour contrôler de façon continue la photocellule de mesure de la luminance extérieure de référence. Cela permet d'appliquer des facteurs de correction appropriés au facteur de lumière du jour calculé pour compenser la variabilité du ciel.

Phase III : Méthode photographique

Pour un évaluation de la valeur de la composante (SC) utilisant la méthode photographique d'étude du potentiel d'éclaire naturel voir annexe 5.6(6). Cette valeur, utilisée conjointement avec la composante réfléchie externe (ERC) et la composante réfléchie interne (IRC), donne la valeur du facteur de lumière du jour (DF) d'un point donné (voir l'équation ci–dessous).

$DF = a(SC + ERC) + v \cdot e \cdot g/f$

où a, v, e = constantes (voir tableaux 5.8.3, 5.8.4 et 5.8.5)
g/f = rapport de l'aire du vitrage à celle du plancher
SC = composante de ciel
ERC = composante réfléchie externe (utiliser une approximation de 1 % de SC ou extraire du tableau A9.1 du CIBS Code for Interior Lighting, 1984 (aussi disponible du TPC))
Négliger si l'angle ERC est inférieur à l'angle SC

Rapport de l'aire du vitrage à celle du plancher	0.3			0.1								
Aire du vitrage exprimée en pourcentage de celle du plancher	0.7			0.7			0.5			0.3		
Facteur de réflexion du plancher (%)	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	
Facteur de réflexion des murs (%)	Valeurs de a											
1.0	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	
1.25	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	
1.5	1.2	1.1	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	
2.0	1.2	1.2	1.1	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	
2.5	1.3	1.2	1.2	1.3	1.1	1.1	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	
3.0	1.5	1.4	1.3	1.4	1.2	1.1	1.3	1.2	1.1	1.1	1.0	
4.0	1.7	1.6	1.4	1.5	1.3	1.2	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0	
5.0	2.0	1.8	1.6	1.7	1.4	1.3	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0	

Tableau 5.8.3 **Composante réfléchie interne minimale du facteur de lumière du jour**

Remarque : Facteur de réflexion supposé du plafond = 70 %, aire supposée du plancher = 36 m², hauteur supposée du plafond = 3 m.

Une longue obstruction externe de 20° mesurée de la mi–hauteur de la fenêtre est supposée en tant que condition courante.

Rapport de l'aire du vitrage à celle du plancher	0.3			0.1							
Aire du vitrage exprimée en pourcentage de celle du plancher	0.7			0.7			0.5			0.3	
Facteur de réflexion du plancher (%)	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1
Facteur de réflexion des murs (%)	Valeurs de v										
1.0	4.0	2.9	2.1	3.5	2.2	1.6	3.1	2.0	1.3	1.7	1.0
1.25	3.9	2.6	2.0	3.1	2.0	1.6	2.7	1.8	1.3	1.6	0.9
1.5	3.8	2.3	1.8	2.7	1.8	1.4	2.5	1.6	1.1	1.3	0.8
2.0	3.5	2.2	1.7	2.5	1.7	1.4	2.1	1.4	1.0	1.1	0.8
2.5	3.2	2.0	1.6	2.3	1.6	1.3	1.8	1.3	0.9	1.0	0.6
3.0	2.7	1.7	1.3	2.1	1.4	1.1	1.6	1.1	0.9	1.0	0.6
4.0	2.5	1.6	1.1	1.8	1.3	1.0	1.3	1.0	0.8	0.9	0.5
5.0	2.1	1.3	1.0	1.6	1.1	0.9	1.0	0.9	0.6	0.8	0.4

Tableau 5.8.4 **Constante "v" de la composante réfléchie interne**

Angle d'occultation du ciel à partir du centre de la fenêtre (degrés par rapport à l'horizontale)	
0° (c.-à-d. aucune occultation)	1.0
10°	0.9
20°	0.8
30°	0.65
40°	0.5
50°	0.35
60°	0.25
70°	0.18
80°	0.13

Tableau 5.8.5 **Constante "e" de la composante réfléchie interne**

PHASE I : RELEVÉS DE LUMINANCE ET D'ÉBLOUISSEMENT

La meilleure méthode à suivre consiste à prendre plusieurs mesures de luminance à partir de positions de travail types pour un champ de vision type. Les tableaux 5.8.6 et 5.8.7 donnent les valeurs cibles types pour des plagesde luminance optimales ainsi que des valeurs maximales pour limiter les conditions d'éblouissement éventuelles. On peut contrôler l'éblouissement en respectant les exigences suivantes :

1. Prévoir une persienne ou un store à commande manuelle permettant d'occulter le ciel de 10° au-dessus de l'horizon jusqu'au haut de la fenêtre ou jusqu'au bas d'un contrevent fixe horizontal.

   Alors qu'en principe toutes les persiennes descendent jusqu'au niveau de l'appui de fenêtre, il existe habituellement des obstructions de quelque type – arbres, autres bâtiments – jusqu'à l'élévation de 10 degrés environ.

2. Il devrait y avoir un moyen de réduire la luminance de la fenêtre à moins de 1 200 cd/m² ou à un rapport de 20:1 avec un mur latéral voisin à surface claire ou avec le plafond pour des bureaux à écrans de visualisation et à moins de 2 000 cd/m² pour d'autres tâches de bureau courantes. Les rapports maximaux de tout point du champ de vision ne doivent pas être supérieurs à 40:1.

   Au Canada, la luminance du ciel peut atteindre 9 900 cd/m² (Kaufman 1981), alors que la luminance intérieure due à un éclairage ponctuel de 600 lux peut être de 150 cd/m². Cela donne un rapport de 66:1. Par conséquent, les fenêtres non protégées dépassent de loin la limite de 40:1 et elles sont considérées comme des sources d'éblouissement.

Description	Plage (cd/m²)
Murs, cloisons	50–150
Plafonds	100–300
Surface de travail	100–400
Travailleurs	250 environ
Tout point du champ de vision	40:1 (rapport maximal entre les valeurs moyenne et minimale)

Tableau 5.8.6 **Plages satisfaisantes des luminances ambiantes**

Description	Luminance (cd/m²)
Ciel visible	2 000
Rideaux ensoleillés	6 000

Tableau 5.8.7 **Valeurs de luminance maximales**

PHASES II ET III : RELEVÉS DE LUMINANCE ET D'ÉBLOUISSEMENT

Se reporter aux relevés de luminance à l'annexe 5.4 pour les questions de luminance. (Voir aussi les techniques d'informatisation et de modélisation à l'annexe 5.16). Les questions d'éblouissement sont traitées suffisamment pendant la phase I et leur analyse est bien documentée dans les outils informatiques listés à l'annexe 5.16.

PHASE I : ÉTUDE DES QUESTIONS RELATIVES À LA COMMANDE

Les questions relatives à la commande portent sur la commande de l'éclairage naturel sans éclairage électrique et avec éclairage électrique. Les deux cas présentent beaucoup de points communs et la commande est assurée par la gestion appropriée des fenêtres, l'utilisation appropriée des facteurs de réflexion intérieurs et une disposition judicieuse de l'ameublement de bureau ainsi que par l'intégration de l'éclairage naturel à l'éclairage électrique. Vérifier les paramètres suivants :

a. S'assurer que les fenêtres dont la luminance est supérieure à 2 000 cd/m², soit la grande majorité, sont équipées de stores, de rideaux, de persiennes ou d'un

mécanisme semblable d'utilisation facile et efficace pour commander avec précision la pénétration de la lumière du jour. Les stores horizontaux vénitiens, les rideaux anti-éblouissement et les rideaux ayant un facteur de transmission uniforme sont les meilleures solutions.

b. Mesurer ou estimer les facteurs moyens de réflexion du plafond, des murs et du plancher. Ils devraient se situer dans les plages de 70–80 %, de 40–60 % et de 10–30 % respectivement. Les murs vis à vis des fenêtres doivent avoir un facteur de réflexion aussi élevé que faisable pour améliorer la répartition de la lumière du jour. Les murs fenêtrés ont des exigences semblables, mais dans ce cas, il s'agit de réduire le risque d'une sensation d'éblouissement.

c. Veiller à ce que l'ameublement de bureau ne soit pas disposé de façon que l'occupant fasse face aux fenêtres. Le travailleur devrait être placé de manière à ce que sa ligne de vision soit parallèle à la fenêtre; au second rang, vient l'orientation le dos tourné à la fenêtre, mais cette orientation est à éviter à cause des ombres gênantes éventuelles. Les planches de division des bureaux et autres éléments d'obstruction élevés doivent être placés perpendiculairement au mur fenêtré, les éléments les plus bas près des fenêtres et la hauteur augmentant progressivement vers l'arrière du local.

d. Dans le cas des zones à lumière du jour 1 et 2 décrites plus haut, déterminer s'il existe un moyen de commander l'éclairage électrique en fonction de l'éclairage naturel. Ce moyen consiste normalement dans la sélection de zones périphériques, câblées et commandées, manuellement ou automatiquement, pour profiter de l'éclairage naturel.

PHASES II ET III : ÉTUDE DES QUESTIONS RELATIVES À LA COMMANDE

Il faut des observations détaillées pour déterminer le degré d'intégration de l'éclairage naturel à l'éclairage électrique et au système CVCA de l'immeuble.

Effectuer les opérations suivantes :

a. Analyser le type de fenêtres et la stratégie de commande et évaluer leur aptitude à assurer l'éclairage naturel avec efficacité tout en limitant l'éblouissement.

b. Déterminer si la partie supérieure des vitres fournit la plus grande contribution de lumière du jour.

c. Examiner l'utilisation de moyens de limitation (structuraux, rideaux fixes, rideaux mobiles, etc.) de l'éblouissement dû aux fenêtres et évaluer leur performance selon le degré de commande de la lumière du jour et la facilité d'utilisation et de maintenance.

d. Observer les stratégies utilisées pour commander l'éclairage électrique en fonction de la lumière du jour disponible. Noter le degré de commande et la capacité d'alignement des dispositifs photosensibles dans des conditions de coucher ou de lever du soleil et de midi; des profils de gradation excessive ou irrégulière indiquent un mauvais étalonnage et(ou) un mauvais alignement des éléments de commande de l'éclairage.

e. Vérifier les zones éclairées par la lumière du jour et déterminer dans quelle mesure elles correspondent aux zones de travail qu'elles desservent, non seulement en ce qui concerne les niveaux d'éclairement et les rapports de

luminance mais aussi pour ce qui est de l'utilisation de l'espace selon les divers types d'activités.

f. Déterminer dans quelle mesure l'éclairage naturel et l'éclairage électrique sont intégrés au système CVCA.

g. Utiliser les outils informatiques appropriés (voir annexe 5.16) pour analyser les questions de commande d'éclairage et d'énergie.

PHASE I : ÉTUDE DES QUESTIONS RELATIVES À LA MAINTENANCE

La maintenance de l'éclairage naturel consiste à maintenir le vitrage et son traitement en bon état de fonctionnement afin d'optimiser la pénétration de la lumière du jour et à maintenir les surfaces de réflexion élevée et à assurer une bonne coordination entre les commandes d'éclairage naturel et les commandes d'éclairage électrique. Pour de plus amples renseignements, voir annexe 5.13.

PHASES II ET III : ÉTUDE DES QUESTIONS RELATIVES À LA MAINTENANCE

Apres avoir completés les vérifications de phase I, effectuer les opérations suivantes :

a. Vérifier si l'emplacement du dispositif photosensible est approprié; vérifier aussi l'étalonnage de ce dispositif (consulter le fabricant au sujet d'une inspection).

b. Vérifier l'étalonnage et le fonctionnement de tous les éléments de commande (ici encore, consulter le fabricant).

c. Vérifier que, malgré les changements dus au réaménagement ou à la rénovation des bureaux, les facteurs de réflexion et les obstructions respectent les spécifications d'origine du système de commande.

d. Vérifier que les sources de lumière et autres éléments commandés ont été maintenus/remplacés conformément aux exigences du système de commande.

e. Vérifier l'emplacement et l'utilisation des interrupteurs, des commandes prioritaires et d'autres éléments de commande pour s'assurer qu'ils sont d'utilisation facile et adaptés aux besoins.

f. Utiliser les outils informatiques énumérés à l'annexe 5.16 pour optimiser le ou les programmes de maintenance de l'éclairage.

PHASE I : CARNET D'INSPECTION DE LA QUALITÉ DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL

Le carnet d'inspection de la qualité de l'éclairage naturel sert à consigner les caractéristiques principales de l'espace qui influent sur l'éclairage naturel ainsi que les remarques et observations qui se rapportent à la qualité de l'éclairage naturel. Voir le formulaire et l'exemple ci–annexés.

Carnet d'inspection de la qualité de l'éclairage naturel

Nom de l'immeuble : _____ **Date :** _____

Adresse: _____ **Heure :** _____

_____

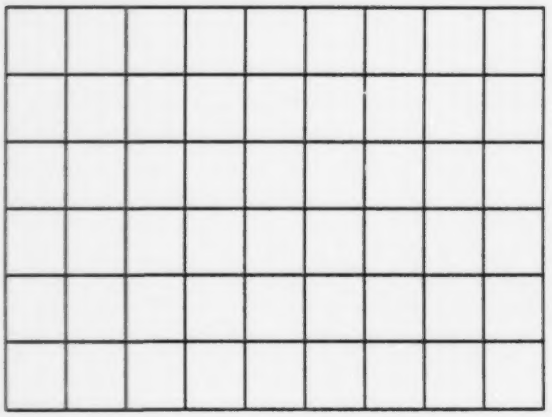
_____

_____

Observateur : _____

Espace de travail : _____ **Étage :** _____

Croquis de l'espace



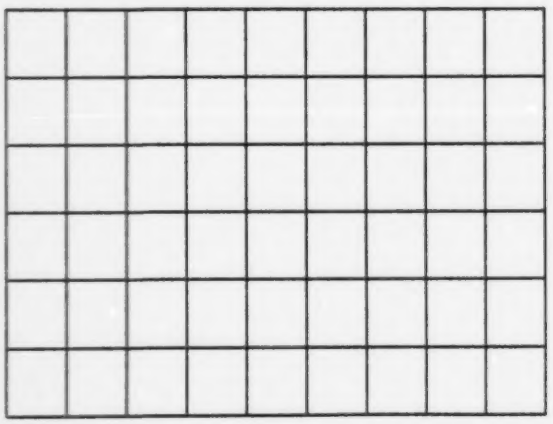
Orientation principale

N

O E

S

Croquis détaillé



Carnet d'inspection de la qualité de l'éclairage naturel

Éclairage artificiel

Luminaires (emplacement et type) :

Commandes :

Observations au sujet de l'éclairage naturel

Observations au sujet de l'éclairage naturel

Dimensions des fenêtres :

Type de vitres :

Surplomb :

Commandes (type de stores) :

Commandes (types de rideaux) :

Efficacité des commandes (degré de réglage) :

Efficacité des commandes (déflexion de l'éblouissement) :

Adaptations personnelles :

Remarques

Exemple

Carnet d'inspection de la qualité de l'éclairage naturel

Nom de l'immeuble : Administration Building **Date :** 19 juin 1986

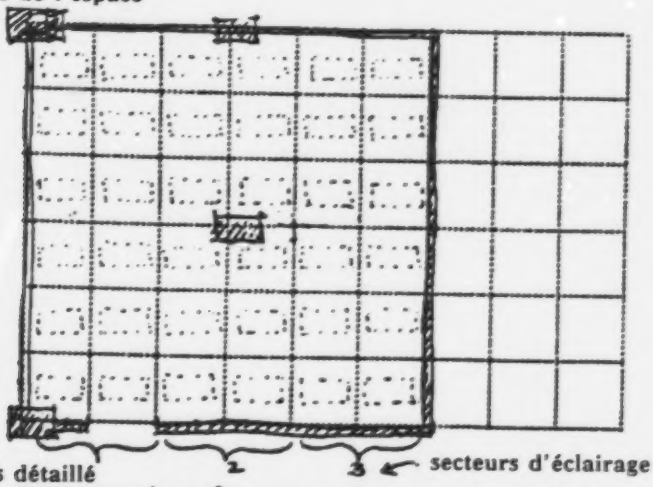
Adresse: Wesbrooke Mall **Heure :** 14h00

UBC

Observateur : B. Clark

Espace de travail : Type **Étage :** 2

Croquis de l'espace



secteurs d'éclairage

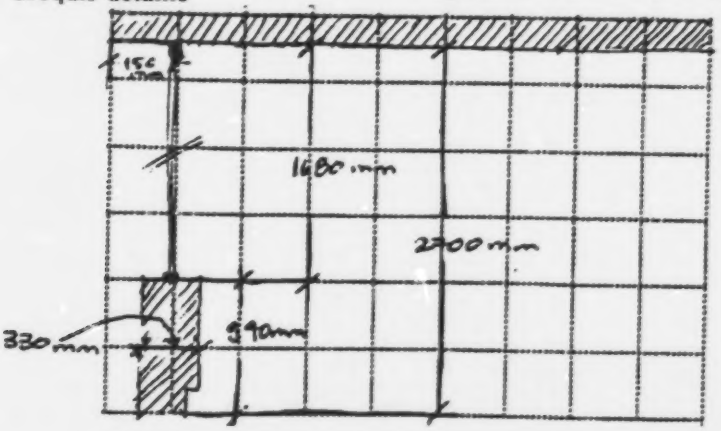
Orientation principale

N

O E

S

Croquis détaillé



Carnet d'inspection de la qualité de l'éclairage naturel

Éclairage artificiel

Luminaires (emplacement et type) :

- six rangées perpendiculaires aux fenêtres
- fluorescents encastrés (reprise d'air incorporée)

Commandes :

- trois secteurs, parallèles aux fenêtres, chacun d'une profondeur de deux luminaires

Observations au sujet de l'éclairage naturel

Dimensions des fenêtres : 1 680 mm de hauteur, bande continue (9 m)

Type de vitres : vitre simple, légèrement teintée (66 %)

Surplomb : 150 mm

Commandes (type de stores) : néant

Commandes (types de rideaux) : tissu ajouré beige

Efficacité des commandes (degré de réglage) : les rideaux peuvent obscurcir au complet les vitres

Efficacité des commandes (déflexion de l'éblouissement) : les commandes masquent les fenêtres mais ne causent pas la déflexion de l'éblouissement

Adaptations personnelles :

Carnet d'inspection de la qualité de l'éclairage naturel

Remarques

•Finis :

plafond – Spraytex blanc

mur fenêtré – meneaux émaillés bruns

murs latéraux – vert pastel

mur arrière – vert pastel, un échelon plus foncé que les murs latéraux

plancher – tuiles d'asphalte olive moyen, légèrement réfléchissantes

•les vitres semblent être assez propres
•les lampes fluorescents sont très sales – font partie du système de circulation d'air

PHASES II et III : CARNET D'INSPECTION DE LA QUALITÉ DE L'ÉCLAIRAGE NATUREL

L'évaluation de la qualité de l'éclairage naturel présente deux volets : l'évaluation subjective et l'évaluation objective.

1. Évaluation subjective

L'évaluation subjective dépend largement des connaissances et de l'expérience de l'évaluateur et n'est donc pas quantifiable. Voici les éléments qui interviennent habituellement dans une évaluation subjective :

a. sensation d'un environnement lumineux bien équilibré, dans lequel les caractéristiques architecturales sont mises en valeur et les caractéristiques de définition de l'éclairage naturel sont évidentes et bien utilisées;
b. répartition harmonieuse et intégration de la lumière du jour aux caractéristiques spéciales et aux exigences d'exploitation;
c. facilité d'accès aux fenêtres, assurant un repos psychologique et visuel;
d. variabilité des intensités et profils de luminance, offrant une sensation de contact dynamique avec l'environnement extérieur.

2. Évaluation objective

Ce type d'évaluation est principalement basé sur des données empiriques numériques, dérivées d'un consensus des experts et de quelques recherches scientifiques. La liste suivante donne les principaux paramètres à vérifier.

a. rapports et équilibres de luminance, obtenus par la limitation de tendances de luminosité excessivement faible ou élevée et par la limitation des valeurs supérieure et inférieure des luminances ambiantes. L'annexe 5.3 donne les valeurs recommandées pour cet équilibrage des luminances.
b. limitation de l'éblouissement, obtenue par la réduction des sources de luminance de grande intensité à des valeurs acceptables. L'annexe 5.3 donne aussi les luminances de limitation de l'éblouissement.
c. commande de la pénétration et de la répartition de la lumière du jour, obtenue par le traitement et la commande appropriés de la lumière du jour ainsi que par la disposition de l'ameublement et la position de l'observateur.
d. intégration à l'éclairage électrique et au système CVCA, obtenue au moyen de commandes manuelles ou automatiques.
e. pratiques de maintenance conçues pour maintenir le système d'éclairage naturel en bon état de fonctionnement et pour l'adapter aux exigences dynamiques de l'espace.

PHASE III : ÉTUDE SUR LE TERRAIN DU POTENTIEL D'ÉCLAIRAGE NATUREL

Parfois, on a besoin de vérifier le potentiel d'éclairage naturel des espaces de travail intérieurs et les outils qu'on trouve souvent sont quelque peu difficiles à utiliser ou peuvent sembler peu pratiques.

TPC a développé une nouvelle méthode photographique qui est rapide, simple, précise, universelle et économique à utiliser et qui permet de déterminer la valeur de la composante de ciel du facteur de lumière du jour des vitres commerciales types.

La composante de ciel est l'élément principal du facteur de lumière du jour et il suffit de connaître sa valeur pour pouvoir décider s'il faut une étude détaillée. Lorsque la valeur de la composante de ciel est comprise entre 0.2 % et 0.5 %, on a un éclairage suffisant pour l'arrière–plan, alors qu'une valeur comprise entre 0.5 % et 1.5 % assure un éclairage approprié pour les tâches de bureau courantes. Des niveaux supérieurs à 5 % risquent de donner lieu à des conditions d'éblouissement.

La méthode photographique est jointe au profit de l'utilisateur. Les tableaux de référence mentionnés dans le texte peuvent être obtenus sur demande de la division du Génie électrique, SAG, à l'Administration centrale de TPC à Ottawa.

Cet outil d'analyse doit être utilisé conjointement avec l'analyse économique.

PHASE III : ÉTUDES SUR LE TERRAIN DE L'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE POTENTIELLE GRÂCE À L'ÉCLAIRAGE NATUREL

Il s'agit d'une évaluation approximative des économies dues à l'introduction de l'éclairage naturel dans un espace et basées sur un certain nombre d'hypothèses. Le document ci–joint explique en détail la méthode de calcul. Cette évaluation économique doit être menée conjointement avec l'étude sur le terrain du potentiel de l'éclairage naturel, décrite à la partie précéndente. Les procédures pour l'analyse économique peut–être fournit de TPC, SA&G, Ottawa.

Les deux études servent à identifier rapidement les paramètres importants de toute conception d'éclairage naturel avec un minimum de main–d'oeuvre et de frais. Si ces études ont des résultats positifs, il est suggéré d'effectuer une analyse exhaustive à l'aide des programmes informatiques DOE2.1b, disponibles à l'Administration centrale de TPC ou au Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley (Californie). (On peut également utiliser d'autres programmes semblables.)

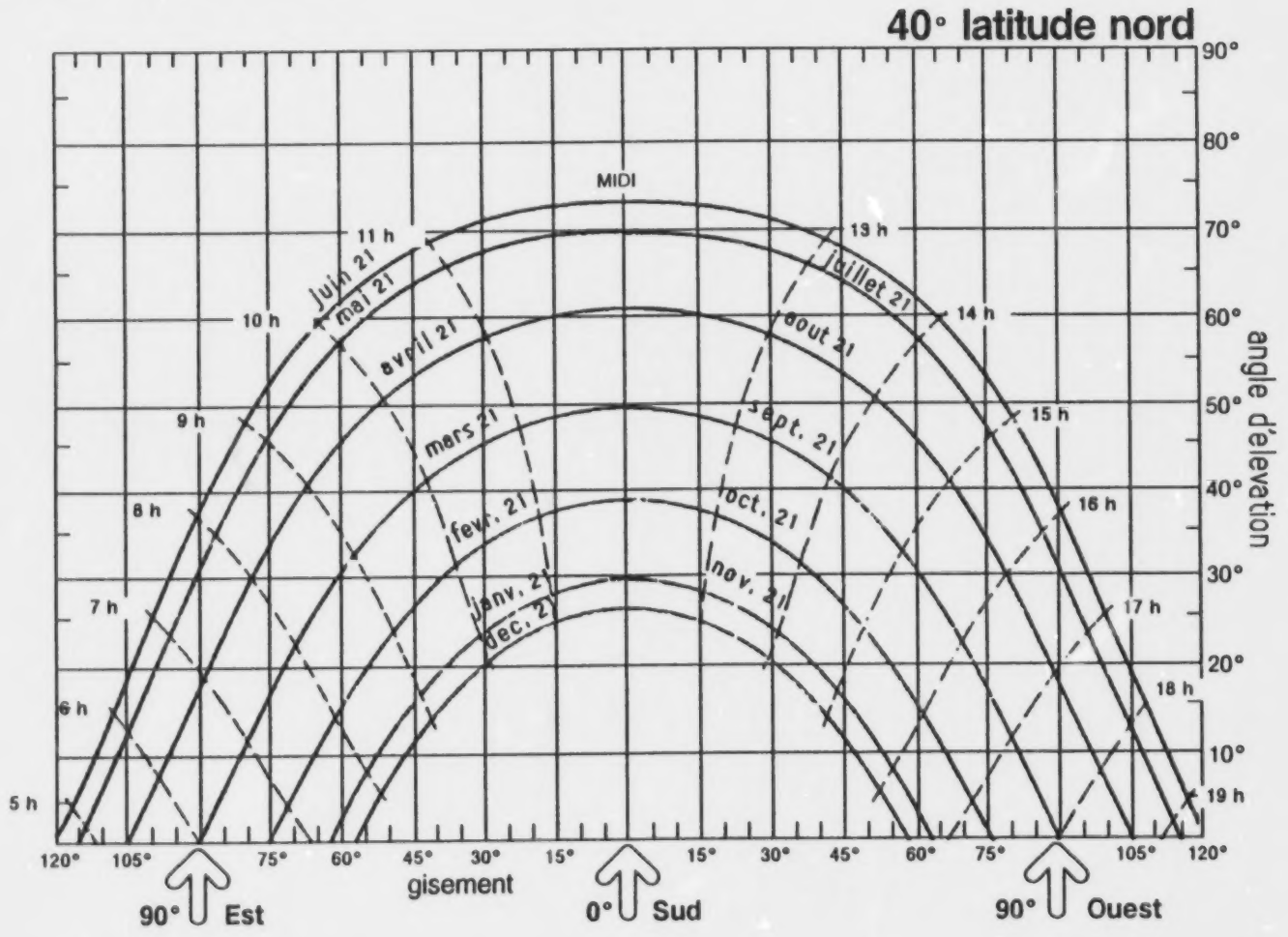


Figure 5.8.6 **Abaque d'ensoleillement : latitude nord 40°**

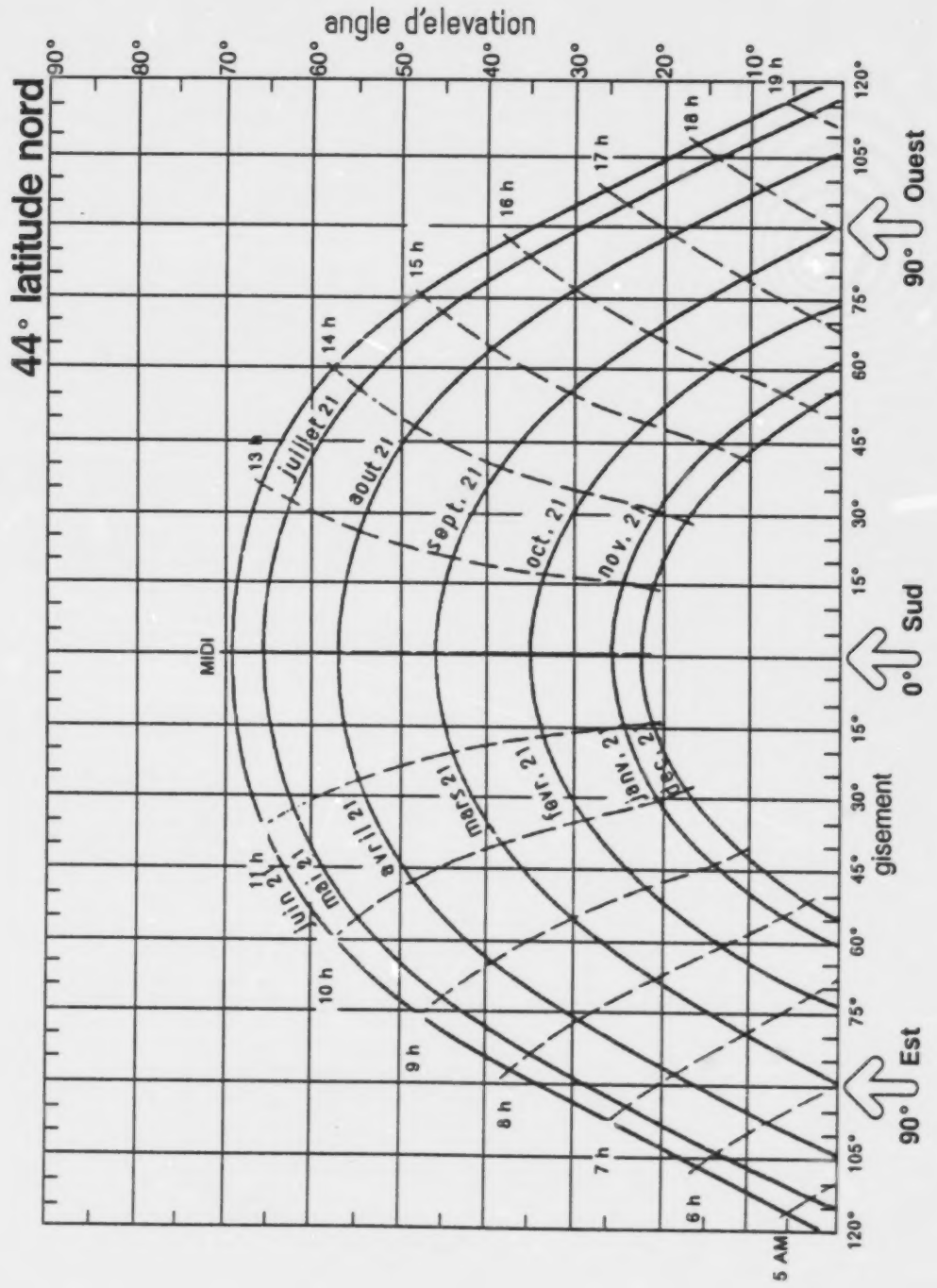


Figure 5.8.7 Abaque d'ensoleillement : latitude nord 44°

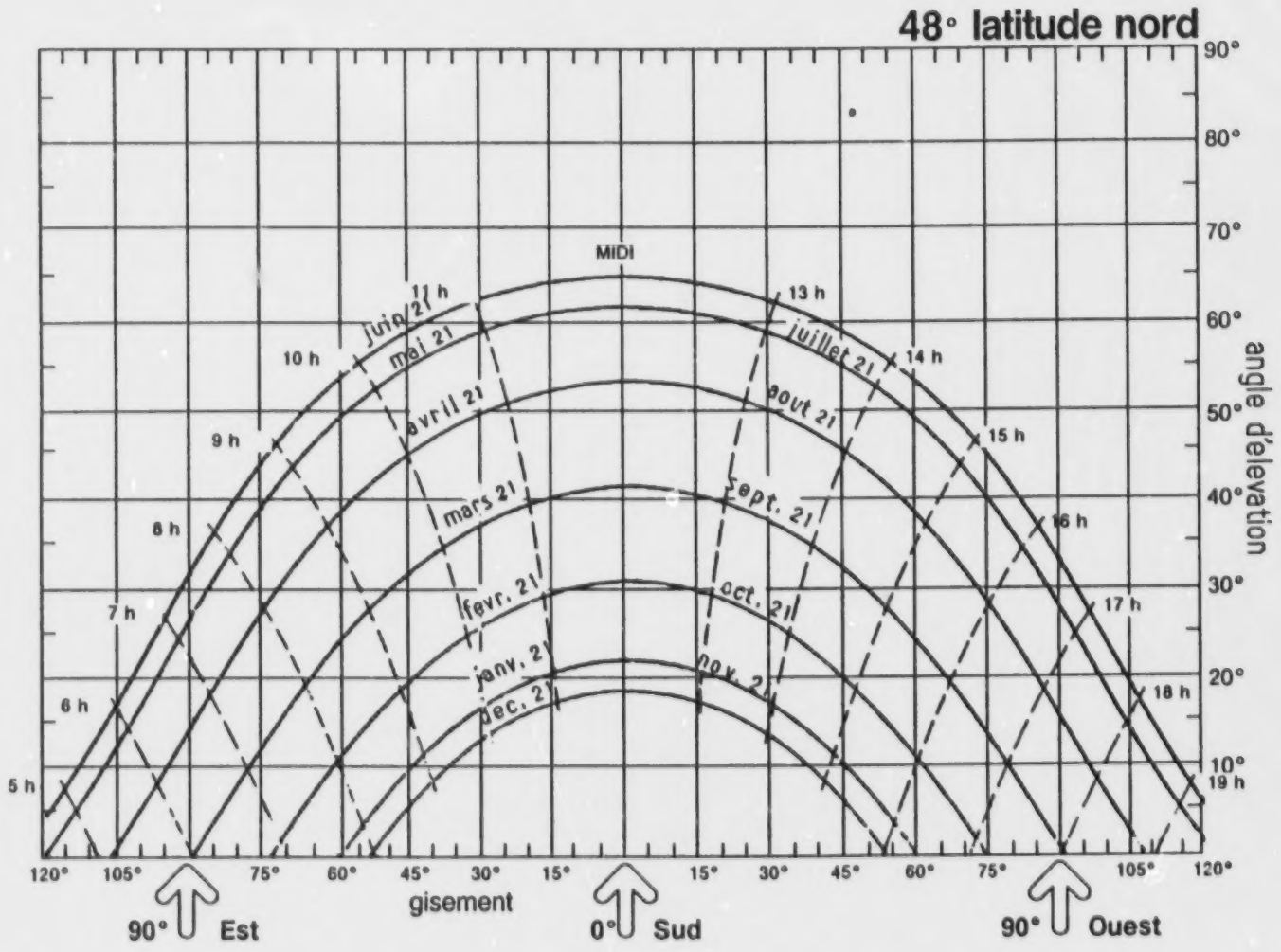


Figure 5.8.8 **Abaque d'ensoleillement : latitude nord 48°**

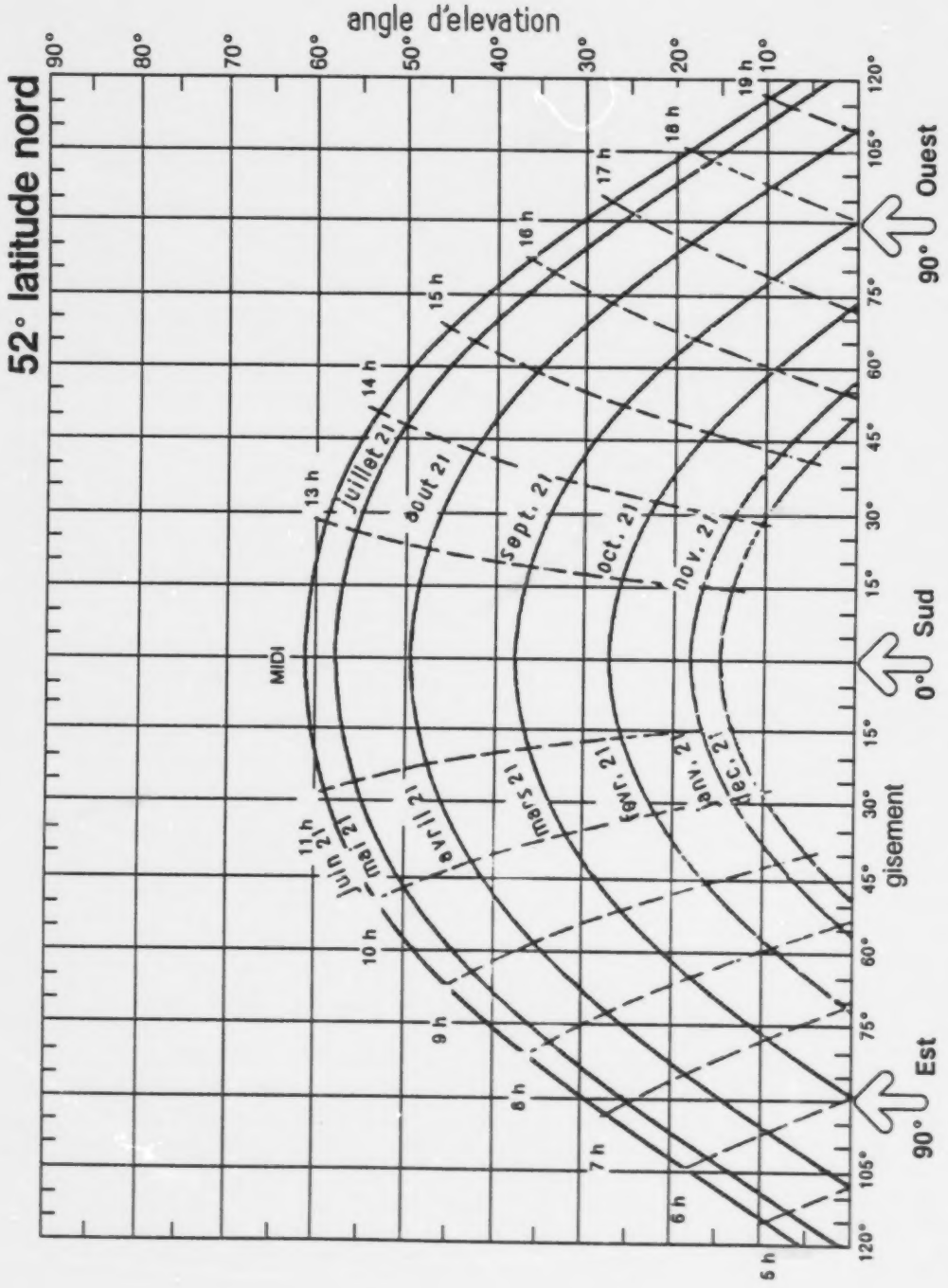


Figure 5.8.9 Abaque d'ensoleillement : latitude nord 52°

5.9 ÉTUDE DES TÂCHES VISUELLES

INTRODUCTION

Les études des tâches visuelles servent à identifier la cible visuelle et ses exigences d'éclairage. La visibilité des cibles visuelles types de bureau dépend des facteurs suivants :

a. âge de l'observateur et niveau d'acuité visuelle;
b. dimension de la cible visuelle (p. ex. texte écrit);
c. facteur de réflexion du fond;
d. importance de la vitesse et de la précision;
e. contraste de la cible visuelle;
f. lisibilité de la cible visuelle;
g. autres facteurs.

La plupart de ces facteurs sont faciles à mesurer, sauf en ce qui concerne la lisibilité de la cible visuelle, qui peut être compromise par des taches, une impression de mauvaise qualité, une mauvaise photocopie ou du mauvais papier carbone, une mauvaise écriture, etc. Cependant, on peut résoudre les problèmes de lisibilité en se servant de son jugement et ces problèmes ne font pas l'objet de cette étude. Ce que nous allons étudier c'est la détermination de la difficulté des tâches visuelles.

PHASES I ET II, ÉTUDE DES TÂCHES VISUELLES

Instrument : luxmètre

Généralités

Cette étude est menée à l'aide des critères de sélection de l'éclairement présentés dans un document de l'IESNA (voir annexe 5.2). Ce tableau explique de façon détaillée les types de tâches qu'on rencontre normalement dans les bureaux et classe leur difficulté à l'aide des facteurs a) à d) ci–dessus. Cependant, on a trouvé que la procédure de sélection menant à une simple valeur d'éclairement est souvent basée sur une évaluation subjective et des expériences personnelles de l'environnement visuel. Pour simplifier ce processus, utiliser la méthode décrite ci–dessous et basée sur les recherches faites par l'IRC du CNRC.

Classement des tâches visuelles

1. Préparer une liste de toutes les tâches visuelles rencontrées dans les bureaux en utilisant comme ligne directrice les tableaux 5.2.1 et 5.2.2; consulter les gestionnaires pour déterminer l'importance de la vitesse et de la précision soit critique ou non critique.
2. Grouper les tâches selon les exigences visuelles communes.
3. Se reporter au tableau 5.9.1 et classer chaque tâche visuelle dans la catégorie d'éclairement appropriée selon la difficulté et l'importance de la vitesse et de la précision déterminées ci dessus, pour obtenir un niveau d'éclairage de base.
4. Mesurer le facteur de réflexion (voir annexe 5.5) du fond et déterminer l'âge du travailleur.

5. Se reporter au tableau 5.9.2 et repérer l'âge du travailleur et le facteur de réflexion du fond pour déterminer le multiplicateur d'éclairement approprié.
6. Multiplier le niveau d'éclairage de base (voir étape 3 ci-dessus) par le multiplicateur d'éclairement pour obtenir le niveau d'éclairement requis.

Catégorie d'éclairement	Difficulté de la tâche visuelle basée sur le contraste et la taille de la cible **	Importance de la vitesse et de la précision	
		non critique	critique
A	Mouvement dans des lieux publics***	50	75
B	Lecture ou écriture peu fréquentes; contraste élevé et grande taille (p. ex. page dactylographiée)	100	150
C	Lecture ou écriture faciles mais fréquentes; contraste élevé et grande taille (p. ex. page dactylographiée)	200	300
D	Lecture ou écriture de difficulté moyenne; faible contraste ou petite taille (p. ex. dessins faits au crayon ou à la machine)	300	450
E	Lecture ou écriture difficiles; faible contraste et petite taille (p.ex. mauvaise photocopie d'un bleu)	500	750

NOTA

* Les valeurs d'éclairement de référence données ici supposent un facteur de réflexion élevé (>35) du fond. Dans le cas des facteurs de réflexion inférieurs et des travailleurs âgés, augmenter le niveau d'éclairement conformément au tableau 5.9.2.

** Le contraste se définit comme (Lb – Lt)/Lb, où Lb est la luminance du fond, et Lt est la luminance de la cible. D'après le modèle de rendement visuelde Rea (1986b), le faible contraste se définit comme tout contraste inférieur à 0.3. La taille s'exprime en minutes de l'arc visuel. D'après l'ouvrage de Legge et d'autres (1985), une petite taille se définit comme une taille inférieure à 20 minutes (un caractère de 8 points, qui a une hauteur d'environ 2 mm, est à peu près égal à 20 minutes à une distance d'observation "normale" de 40 cm).

*** Le plancher est considéré comme le fond.

Tableau 5.9.1 **Catégories des tâches et niveaux d'éclairage de référence***

		Âge (ans)				
		Moins de 30	30–40	40–50	50–60	Plus de 60
Task	>0.8	1.00	1.18	1.43	1.82	2.50
Background	0.8 – 0.6	1.25	1.48	1.79	4.14	3.12
	0.6 – 0.4	1.67	1.97	2.39	3.04	4.18
Reflectance	0.4 – 0.2	2.50	2.95	3.58	4.55	6.24
	0.2 ou moins	5.00	5.90	7.15	9.10	12.50

Tableau 5.9.2 **Corrections des éclairements de référence selon le facteur de réflexion du fond et l'âge du travailleur**

Comparer les niveaux d'éclairage ainsi obtenus avec les résultats de mesure de l'éclairement des cibles afin de vérifier la conformité aux normes de TPC. Cependant, il faut effectuer une vérification distincte pour déterminer la conformité au Règlement du Canada sur l'hygiène et la sécurité au travail, rédigé en vertu du Code canadien du travail.

PHASE 3, ÉTUDE DES TÂCHES VISUELLES

Instruments : luxmètre, luminancemètre, inclinomètre, trousse d'évaluation du rendement visuel

Les tâches visuelles visées ici sont des tâches de nature peu habituelle qu'on ne retrouve pas dans la documentation de l'IESNA. Elles peuvent comprendre des cibles visuelles courantes mais observées dans des environnements visuels non normalisés (p. ex. établissements de traitement du courrier, formulaires multicolores et plans). Vu la nature très spécialisée de cette phase de l'étude, il est suggéré de communiquer avec la division du Génie électrique à l'Administration centrale de TPC, pour l'élaboration des exigences particulières.

5.10 RELEVÉ D'ÉCLAIRAGE DE SECOURS

INTRODUCTION

L'éclairage de secours est réglementé par le Règlement du Canada sur l'hygiène et la sécurité au travail appliqué par Travail Canada et par les règlements provinciaux et municipaux.

La plupart des bâtiments au Canada sont équipés de systèmes d'éclairage de secours conformément aux exigences des sections 3.2, 7.3, 3.3.3.3, 9.9.11 et 9.35.31 du CNB.

Par contre, pour toutes les installations réglementées par le fédéral, les règlements qui s'appliquent tout d'abord sont ceux établis par Travail Canada (voir annnexe 5.2), et les luminaires de secours doivent être conformes à ces règlements.

PHASE I : NIVEAUX D'ÉCLAIRAGE

Instrument : luxmètre

Les niveaux moyens d'éclairage doivent avoir une valeur minimale horizontale maintenue de 10 lux le long de tout le trajet d'évacuation et le rapport moyenne/minimum ne doit pas dépasser 40:1.

Les relevés d'éclairement doivent être effectués au moyen d'un quadrillage à mailles de 0.5 m de côté et on doit placer la photocellule du luxmètre sur un support mis de niveau à 1 m du plancher, au centre de la maille. La largeur totale du quadrillage ne doit pas dépasser 2 m et il devrait être centré le long du route d'évasion.

En plus des relevés ci–dessus, noter les points suivants :

- les zones non desservies par l'éclairage de secours doivent avoir à leur porte de sortie un niveau moyen d'éclairage horizontal d'au moins 5 lux à une hauteur de 1 m.
- les avertisseurs d'incendie et le matériel de lutte contre les incendies, situés le long des trajets d'évacuation, doivent être éclairés par un niveau moyen d'éclairage d'au moins 10 lux à une hauteur de 1 m.
- les handicapés et des conditions spéciales (p. ex. aires de sécurité spéciales ou matériaux dangereux) pourraient exiger des considérations spéciales et ces cas doivent être étudiés individuellement;
- les luminaires d'illumination doivent être orientés dans le sens d'évacuation prévu et de façon à éviter l'éblouissement.
- le voisinage immédiat des portes de sortie doit être équipé d'éclairage de secours.

REMARQUE : L'éclairage de secours qui fait appel à une partie des lampes fluorescentes montées au plafond peut être vérifié en dehors des heures de travail.

On peut vérifier les lampes autonomes à incandescence, normalement alimentées par batterie, en mettant sous tension leur circuit de vérification incorporé et en suivant les lignes directrices du fabricant, virtuellement à toute heure convenable.

PHASE II : ALIMENTATION DE SECOURS

Instruments : voltmètre, ampèremètre et shunts, kilowattmètre

On doit vérifier sur place quel est le type d'alimentation du système d'éclairage de secours (alimentation de secours c.a. affectée en propre, alimentation de relève à moteur diesel, alimentation c.c. centrale ou locale). Avec l'aide d'un ingénieur–électricien, vérifier que l'alimentation est en bon état de fonctionnement et bien adaptée à la charge, que les commutateurs et interdictions de transfert sont en bonne condition de fonctionnement et que les calendriers d'entretien sont respectés.

PHASE III : SIMULATION DE L'ÉCLAIRAGE DE SECOURS

La simulation de l'éclairage de secours doit être effectuée en dehors des heures de travail, ou mieux encore, en dehors des jours de travail.

Personnel requis : ingénieur–électricien, gérant de l'immeuble et commissaire des incendies.

Simuler une panne complète de l'alimentation électrique de l'immeuble, puis vérifier tous les systèmes d'éclairage de secours pour voir s'ils sont conformes aux règlements pertinents.

Vérifier la charge admissible de l'alimentation et des batteries. Se reporter aux parties 6 et 7 du Code national de prévention des incendies.

EXIGENCES OBLIGATOIRES DES SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE DE SECOURS

Les exigences obligatoires des systèmes d'éclairage de secours sont basées sur CNB 1985, DDN 1984, le Code national de prévention des incendies, parties 6 et 7 et le Règlement du Canada sur l'hygiène et la sécurité au travail, Travail Canada 1984 et leurs dernières révisions.

La responsabilité de cette section appartient à Travail Canada.

5.11 RELEVÉ DE L'ÉCLAIRAGE DES SORTIES

INTRODUCTION

L'éclairage des sorties est considéré comme faisant partie du système d'éclairage de secours parce qu'il sert à indiquer des trajets préétablis de sortie/évacuation et qu'il est alimenté par les mêmes sources d'alimentation de secours. Se reporter à l'annexe 5.10 pour de plus amples renseignements sur l'éclairage de secours. Au Canada, il n'existe pas d'approche uniforme de l'éclairage de sortie, ce qui donne lieu à une variété ahurissante de systèmes relevant de la juridiction fédérale, provinciale ou municipale.

La juridiction fédérale est maintenant représentée par Travail Canada. Cependant, le Règlement du Canada sur l'hygiène et la sécurité au travail ne renferme aucune exigence particulière d'éclairement ou de luminance, et les recommandations de la présente section sont basées sur les exigences actuelles du CNB, du Devis directeur national (DDN), du Code national de prévention des incendies et des recommandations de l'IESNA.

RELEV DE PHASES I ET II

Matériel : appareil Polaroid, ruban à mesurer

Procédure recommandée :

1. Identifier le trajet d'évacuation de l'immeuble.
2. S'assurer que ce trajet est marqué de signes de sortie conformes aux spécifications du CNB, du Commissaire des incendies du Canada et du DDN (voir figures 5.11.1, 5.11.2 et 5.11.3) de façon qu'il y ait au moins un signe de visible de tout point du trajet.
3. Dans les aires de grandes dimensions, où plusieurs signes peuvent être visibles à la fois, s'assurer que ces derniers ne sont pas espacés de plus de 10 m.
4. Prendre des photos et y indiquer les problèmes de visibilité observés.

RELEV DE PHASE III

Matériel : appareil Polaroid, ruban à mesurer, luminancemètre 1°

Procédure recommandée :

1. Mesurer la luminance des signes de sortie et s'assurer que sa valeur moyenne est d'au moins 7 cd/m².
2. Vérifier que l'uniformité de la luminance des signes de sortie respecte la variation maximale admissible par rapport au niveau moyen mesuré à l'étape 1 ci-dessus et vérifier que le rapport entre la moyenne et le minimum ne dépasse pas 2:1.
3. Vérifier la visibilité des signes de sortie dans des conditions d'alimentation de secours et noter si les luminances ambiantes la réduisent à des niveaux inacceptables, où il est impossible ou difficile de lire les signes à 30 m de distance.

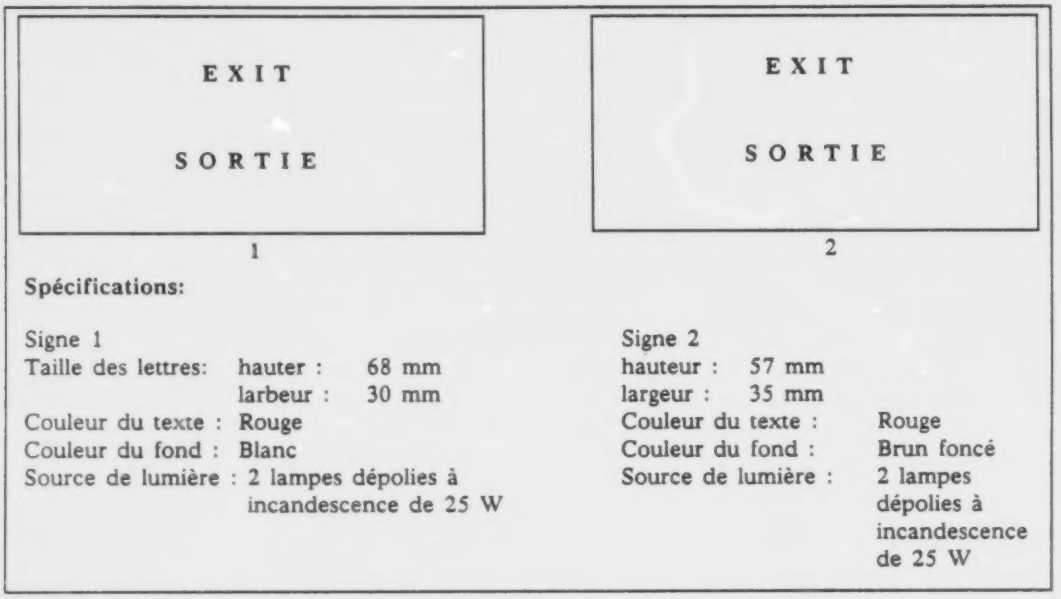


Figure 5.11.1 **Signes de sortie approuvés par le Commissaire des incendies du Canada**

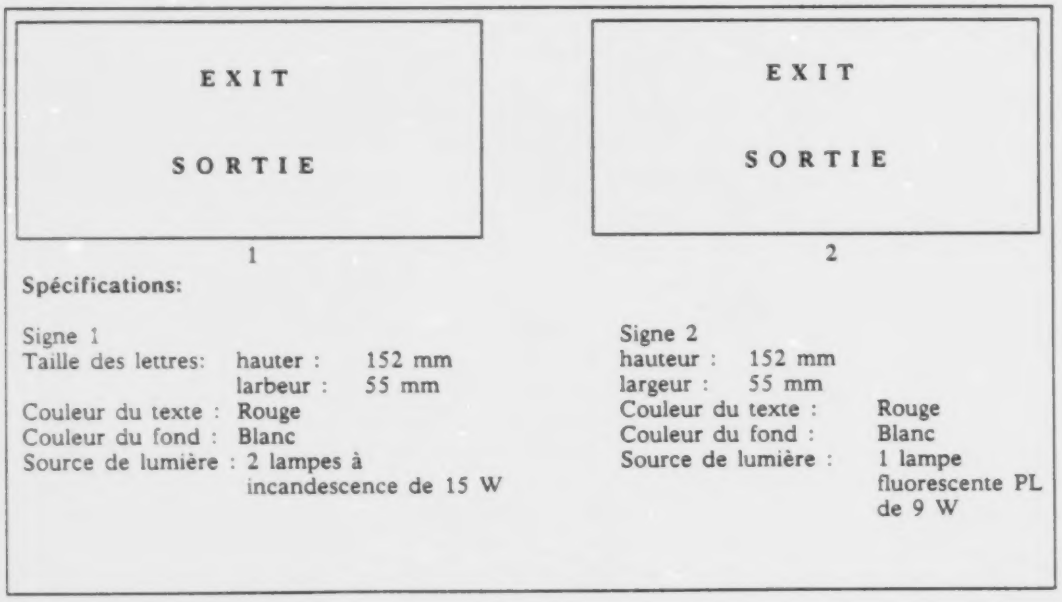
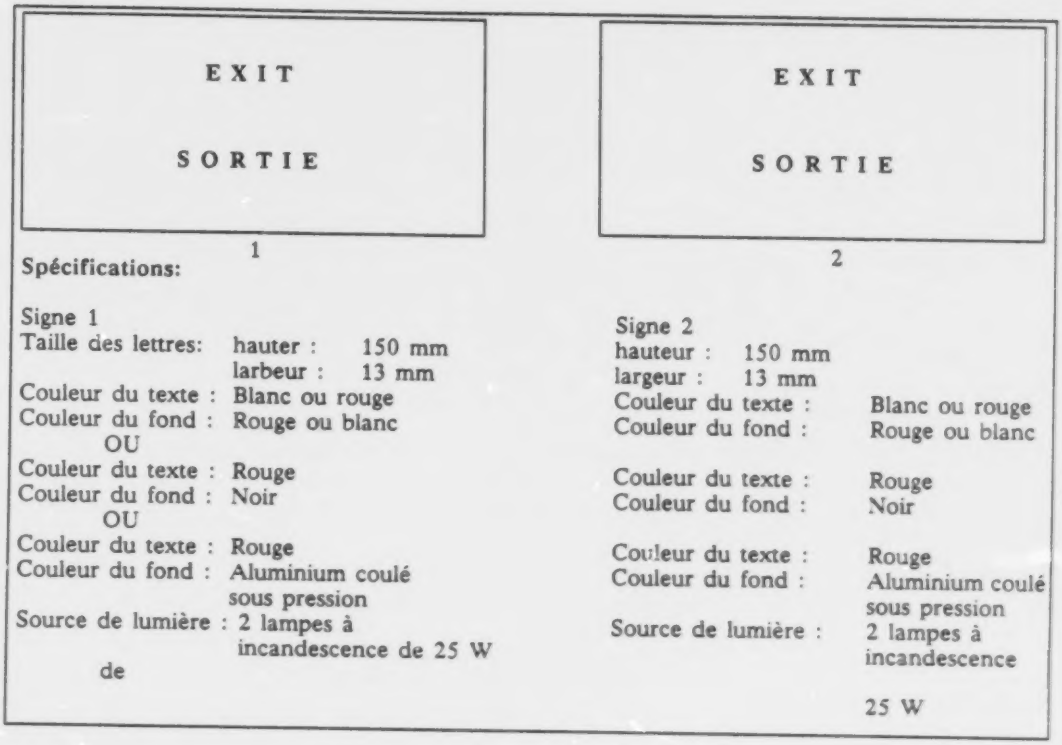


Figure 5.11.2 **Signes de sortie approuvés par le CNB**



Spécifications:

Signe 1
Taille des lettres: hauter : 150 mm
larbeur : 13 mm
Couleur du texte : Blanc ou rouge
Couleur du fond : Rouge ou blanc
OU
Couleur du texte : Rouge
Couleur du fond : Noir
OU
Couleur du texte : Rouge
Couleur du fond : Aluminium coulé sous pression
Source de lumière : 2 lampes à incandescence de 25 W
de

Signe 2
hauteur : 150 mm
largeur : 13 mm
Couleur du texte : Blanc ou rouge
Couleur du fond : Rouge ou blanc

Couleur du texte : Rouge
Couleur du fond : Noir

Couleur du texte : Rouge
Couleur du fond : Aluminium coulé sous pression
Source de lumière : 2 lampes à incandescence
25 W

Figure 5.11.3 **Signes de sortie approuvés par le DDN**

5.12 ÉTUDE DE LA GESTION DE L'ÉNERGIE D'ÉCLAIRAGE

INTRODUCTION

L'étude de la gestion de l'énergie d'éclairage sert à déterminer si l'installation d'éclairage de l'immeuble respecte les limites supérieures d'énergie établies par la "Norme – éclairage des bureaux" de TPC (voir annexe 5.2).

Les méthodes présentées ici ne sont pas des substituts de la conception de l'éclairage, mais représentent tout simplement une évaluation quantitative de la puissance et de l'énergie dans un espace.

ÉTUDE DE PHASE I

Matériel et matériaux : multimètre, jeu de schémas de l'ouvrage fini, liste des luminaires installés et de leurs puissances nominales, y compris des ballasts.

Étudier l'immeuble en détail pour déterminer si les charges d'éclairage connectées, les horaires de fonctionnement et les zones de commande sont appropriés, compte tenu des exigences quantitatives et qualitatives de l'éclairage. Vérifier et analyser séparément les espaces intérieurs et les espaces extérieurs. Il faut étudier tous les espaces et inclure toutes les charges liées à l'éclairage et aux commandes d'éclairage (c.–à–d. ballasts, régulateurs, etc.). Voici la procédure suggérée :

a. Dresser une liste de tous les luminaires utilisés, y compris les types d'éclairage localisé, et veiller à consigner leurs quantité, emplacement, puissance nominale et puissance totale (c.–à–d. y compris les accessoires).

b. laborer un tableau donnant; (i) les zones d'éclairage intérieures et extérieures et leurs profils de fonctionnement; p. ex. Zone A, luminaires 1c, 2b, 3e – charge de 15 kW connectée pendant 8 h/jour, 250 jours/année (heures de travail normales), charge de 10 kW connectée pendant 2 h/jour, 250 jours/années (heures de nettoyage) et charge de 2 kW connectée pendant 2 h/semaine, 20 semaines/année (temps supplémentaire); (ii) le tableau doit aussi donner la puissance totale de la charge connectée et l'énergie annuelle tant pour les installations intérieures que pour les installations extérieures.

c. Déterminer la valeur des grandeurs suivantes pour les espaces intérieurs ;

   - aire à bureaux éclairée utile totale
   - aire de service éclairée totale

d. Se reporter aux étapes b) et c) et calculer la puissance moyenne connectée et l'énergie annuelle par unité de surface pour les aires utiles à bureaux et pour les aires de service.

e. Vérifier que les valeurs obtenues à l'étape d) ne dépassent pas 22 W/m² ni 250 MJ/m²/année pour les aires utiles àbureaux ni 10 W/m² ni 130 MJ/m²/année pour les aires de service.

f. Déterminer la valeur des grandeurs suivantes pour les espaces extérieurs.

   - longueur totale éclairée des routes d'accès
   - longueur totale éclairée des entrées
   - longueur totale éclairée des aires de stationnement

g. Se reporter aux étapes b. et f. et calculer la puissance moyenne connectée et l'énergie annuelle par mètre linéaire de toutes les zones extérieures indiquées ci-dessus et vérifier que les limites suivantes ne sont pas dépassées.

- 9 W/m ou 150 MJ/m/année pour les routes d'accès
- 40 W/m ou 700 MJ/m/année pour les entrées
- 20 W/m ou 350 MJ/m/année pour les stationnements

h. Vérifier la mesure dans laquelle les dimensions, l'emplacement et le fonctionnement des secteurs d'éclairage répond aux exigences de l'horaire d'occupation.

i. Vérifier l'utilisation de l'éclairage naturel et son intégration à d'autres systèmes de l'immeuble.

j. Étudier la possibilité d'améliorer le système en installant des dispositifs économes d'énergie.

Le tableau 5.12.1, tiré du Reference Handbook (1987) de l'IES renferme des considérations de base et des plans d'action.

Aspects à considérer	Plan d'action pour des constructions neuves	Plan d'action pour des constructions existantes	Ressources et commentaire
1. Les besoins d'éclairage – en vue de la productivité, de la sécurité et de l'esthétique. a. Cibles visuelles b. Emplacements des cibles visuelles c. Fonctions des espaces sans cibles visuelles d. Recommandations d'éclairage e. Éclairage uniforme f. Éclairage non uniforme	Identifier les cibles visuelles et leur emplacement afin qu'on puisse assurer l'éclairement recommandé de ces cibles avec un éclairement moindre des espaces voisins non critiques. Quand il n'y a pas de cible visuelle, il n'y a aucun besoin de niveaux d'éclairement de cible visuelle. Dans ce cas, la sécurité et l'esthétique sont les considérations principales. Lorsque les cibles visuelles et leurs emplacements peuvent être identifiés, il peut s'avérer possible d'utiliser un système d'éclairage nonuniforme, tel qu'une disposition non uniforme de luminaires éclairant les postes de travail ou un éclairage incorporée ou d'appoint aux postes de travail, coordonné avec un système d'éclairage général. Lorsque les cibles visuelles et leurs emplacements ne peuvent être identifiés, on peut choisir un éclairement pour les cibles prévues et on peut disposer les luminaires uniformément et les munir de commandes permettant de réduire le niveau d'éclairement à des points particuliers lorsqu'il n'y a pas de cibles visuelles.	Identifier les cibles visuelles et leur emplacement afin qu'on puisse assurer l'éclairement recommandé de ces cibles avec un éclairement moindre des espaces voisins non critiques. Quand il n'y a pas de cible visuelle, il n'y a aucun besoin de niveaux d'éclairement de cible visuelle. Dans ce cas, la sécurité et l'esthétique sont les considérations principales. Comme les cibles visuelles et leurs emplacements peuvent être identifiés, un relevé de l'éclairage indiquerait où les éclairements dépassent les valeurs maintenues recommandées. On peut alors adapter l'éclairage aux exigences. Il faut veiller soigneusement à ce que tout changement du système d'éclairage ne produise pas de réflexions de voile sur les cibles.	Consulter d'autres sections du présent manuel pour des besoins d'éclairage particuliers.

Tableau 5.12.1 **CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLAIRAGE ET SUGGESTIONS DE GESTION DE L'ÉNERGIE**

Aspects à considérer	Plan d'action pour des constructions neuves	Plan d'action pour des constructions existantes	Ressources et commentaire
2. Luminaires a. Efficacité en éclairage ponctuel b. Efficacité en éclairage des espaces sans cible visuelle c. Rendement normalisé d. Capacité de transfert de chaleur e. Facilité de nettoyage	Lorsqu'il s'agit de choisir un luminaire pour l'éclairage ponctuel, il faut considérer la mesure dans laquelle il assure un contraste élevé de la cible (réflexions de voile minimales) et un confort visuel assez grand. La répartition de la lumière et l'aspect du luminaire sont également importants, en particulier pour l'esthétique, mais il faut aussitenir compte du rendement normalisé. Il faut considérer des luminaires ayant des capacités de transfert de chaleur de sorte que la chaleur d'éclairage puisse être utilisée ou évacuée et coordonnée avec la conception thermique de l'immeuble et avec la consommation totale d'énergie de l'immeuble (voir section 2). Les luminaires qui sont faciles à nettoyer et à faible accumulation de saleté réduisent les besoins et frais d'entretien.	Étudier l'efficacité du luminaire en éclairage ponctuel ainsi que le rendement normalisé du luminaire et s'il est peu efficace ou peu efficient, envisager le remplacement du luminaire ou de ses éléments. S'assurer que tous les éléments sont en bon état de fonctionnement. Examiner les éléments de transmission ou de diffusion et remplacer les éléments gravement décolorés et dépréciés pour améliorer le rendement normalisé (sans provoquer de luminosité excessive ou d'inconfort visuel indésirable).	Les données des fabricants sont des guides utiles pour déterminer la probabilité de confort visuel, le rendement normalisé et l'aptitude du luminaire à assurer un contraste élevé. La consommation d'énergie dépend de la source de lumière du luminaire et des caractéristiques de répartition comme le montre une étude. Selon cette étude, pour un local de dimensions moyennes, des luminaires indirects à incandescence peuvent consommer cinq fois et demie l'énergie consommée parun luminaire direct fluorescent à nombre d'heures et à éclairement moyen égaux (mais non à qualité d'éclairage égale).

Tableau 5.12.1 **CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLAIRAGE ET SUGGESTIONS DE GESTION DE L'ÉNERGIE** (suite)

Aspects à considérer	Plan d'action pour des constructions neuves	Plan d'action pour des constructions existantes	Ressources et commentaire
3. Sources de lumière (lampes et ballasts) a. Efficacité lumineuse (lumens par watt) b. Couleur (chromaticité) c. Rendu des couleurs d. Maintenance du flux lumineux	Utiliser des combinaisons de lampes et de ballasts de la plus grande efficacité lumineuse qui soient compatibles avec les caractéristiques voulues suivantes : couleur de la source de lumière, rendu des couleurs, durée de vie et dépréciation du rendement lumineux. Comparer les sources considérées selon le coût en fonction de la durée de vie et la consommation d'énergie pendant la durée de vie. Considérer l'utilisation de ballasts à plusieurs niveaux pour obtenir la possibilité d'un éclairage non uniforme nécessaire d'une heure à l'autre de chaque jour ou selon la disposition des cibles visuelles qui varie au fil des années. Considérer l'utilisation de ballasts à courant réduit lorsque la dimension des modules et (ou) l'espacement des luminaires permettent d'obtenir l'éclairage nécessaire.	Lorsque des sources peu efficaces sont utilisées, considérer le remplacement par des sources plus efficaces, compatibles avec la couleur et les capacités de rendu des couleurs voulues des sources lumineuses, basé sur le coût en fonction de la durée de vie. Considérer l'utilisation de lampes fluorescentes de puissance réduite dans des luminaires existants lorsqu'une réduction de 10 à 20 pour-cent de l'éclairement est tolérable. (Grâce à des procédures de maintenance améliorées – nettoyage périodique, remplacement par groupe – on peut obtenir la même quantité de lumière qu'avec des lampes standards.) Considérer l'utilisation de ballasts à plusieurs niveaux pour obtenir la possibilité de réglage de l'éclairage pendant les heures d'occupation et les heures de nettoyage, et l'utilisation de ballasts à courant réduit lorsqu'une réduction de l'éclairement est tolérable.	L'efficacité lumineuse (lm/W) des sources de lumière varie selon le type de lampe et selon la lampe. La section 8 du Reference Volume de 1984 et les catalogues des fabricants de lampes donnent le flux lumineux (lm), l'efficacité lumineuse (lm/W), la durée de vie, et la maintenance du flux lumineux ainsi que le coût aux fins de comparaison.

Tableau 5.12.1 **CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLAIRAGE ET SUGGESTIONS DE GESTION DE L'ÉNERGIE (suite)**

Aspects à considérer	Plan d'action pour des constructions neuves	Plan d'action pour des constructions existantes	Ressources et commentaire
4. Éclairage naturel a. Disponibilité de lumière du jour b. Fenêtrage (fenêtres, lanterneaux) c. Commandes	Évaluer le potentiel d'éclairage naturel – niveaux et heures de disponibilité – tout en gardant à l'esprit que l'éblouissement dû au fenêtrage doit être limité de la même façon que celui des luminaires et que la chaleur gagnée ou perdue en raison du fenêtrage doit être coordonnée avec le système thermique de l'immeuble. Coordonner la conception de l'éclairage électrique avec l'éclairage naturel de façon à commander l'éblouissement, la chaleur et l'éclairage. Considérer l'utilisation dans les fenêtres de verre isolant réfléchissant la chaleur de rendement élevé pour réduire le gain de chaleur en été et la perte de chaleur en hiver tout en permettant une vue de l'extérieur.	Si l'on peut se servir de l'éclairage naturel pour remplacer une partie de l'éclairage électrique pendant des périodes considérables de la journée, l'éclairage électrique des espaces en cause doit être réduit ou éteint. S'il n'y a aucun réglage possible, considérer l'adjonction de commandes basée sur le coût en fonction de la durée de vie. valuer l'efficacité des dispositifs de commande (intérieurs et extérieurs) de la pénétration de lumière du jour en vue de remplacements ou adjonctions éventuels.	Les sections 7 et 9 du Reference Volume de 1984 procurent de l'information utile sur la disponibilité de lumière du jour, les systèmes de commande de lumière du jour ainsi que sur les méthodes de conception et d'évaluation. Consulter les dernières données des fabricants de matériaux et de commandes de fenêtrage.

Tableau 5.12.1 **CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLAIRAGE ET SUGGESTIONS DE GESTION DE L'ÉNERGIE** (suite)

Aspects à considérer	Plan d'action pour des constructions neuves	Plan d'action pour des constructions existantes	Ressources et commentaire
5. Surfaces des locaux	Conjointement avec le concepteur d'intérieurs, élaborer la spécification des facteurs de réflexion des surfaces des locaux et du matériel en spécifiant les valeurs supérieures de la plage recommandée tout en tenant compte de l'importance de l'agencement des couleurs en vue de l'esthétique. (Des facteurs de réflexion supérieurs aux valeurs recommandées risquent deproduire des rapports de luminance et un éblouissement excessifs.)	Si les facteurs de réflexion des surfaces des locaux se trouvent à la partie inférieure de la plage recommandée ou si elles sont inférieures à cette plage, considérer la repeinture avec une peinture matte ayant un facteur de réflexion vers la partie supérieure de la plage recommandée. Lorsqu'on remplace du matériel, choisir des finis de couleur claire. (Des facteurs de réflexion supérieurs aux valeurs recommandées risquent de produire des rapports de luminance et un éblouissement excessifs.)	L'utilisation de finis à facteur de réflexion supérieur économise de l'énergie. Le diagramme ci-dessous montre l'économie d'énergie à éclairage général égal d'un local de dimension moyenne grâce à des facteurs de réflexion supérieurs. Voici les facteurs de réflexion : a. Plafond b. Murs c. Plancher d. Non recommandé e. La zone grise correspond à l'économie d'énergie en pourcentage f. Consommation d'énergie g. Éclairage fluorescent indirect h. Éclairage fluorescent direct

Tableau 5.12.1 **CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLAIRAGE ET SUGGESTIONS DE GESTION DE L'ÉNERGIE (suite)**

Aspects à considérer	Plan d'action pour des constructions neuves	Plan d'action pour des constructions existantes	Ressources et commentaire
6. Procédures de maintenance	Au début du stade de conception, considérer soigneusement un programme planifié de maintenance de l'éclairage aux niveaux voulus tout en utilisant moins de matériel et moins de puissance d'éclairage installée. Considére régalement un programme de maintenance de l'éclairage naturel (fenêtrage et moyens de commande) lorsqu'on compte sur la contribution de la lumière du jour pour obtenir les niveaux d'éclairement voulus. Le propriétaitre doit souscrire au programme de maintenance utilisé dans la conception du système d'éclairage. Dans le cas contraire, le niveau d'éclairage sera inférieur au niveau prévu et le système gaspillera de l'énergie.	Évaluer le programme existant de maintenance de l'éclairage et le réviser au besoin pour obtenir les éclairements maintenus voulus. Cela peut se traduire par une certaine réduction de l'énergie d'éclairage.	Le diagramme ci–dessous illustre l'effet des procédures de maintenance sur la consommation d'énergie. Dans le système A, les luminaires sont nettoyés, et les lampes, remplacées, tous les trois ans. Dans le système B, les luminaires sont nettoyés tous les ans, et le tiers des lampes est remplacé tous les ans. À un éclairement maintenu égal sur une période de 12 ans, la fréquence supérieure de nettoyage des luminaires et de remplacement des lampes du système B donne une économie d'énergie d'environ 15 pour–cent parce qu'on peut installer moins de lampes à l'origine. a. Niveau d'éclairement maintenu b. Ans c. Économie d'énergie

Tableau 5.12.1 **CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLAIRAGE ET SUGGESTIONS DE GESTION DE L'ÉNERGIE** (suite)

Aspects à considérer	Plan d'action pour des constructions neuves	Plan d'action pour des constructions existantes	Ressources et commentaire
7. Procédures d'utilisation a. Pendant les heures de travail b. Pendant la période de nettoyage de l'immeuble	Dans les espaces comportant des cibles visuelles, considérer des systèmes de commande permettant d'utiliser seulement l'éclairage général lorsqu'on n'effectue pas de tâches visuelles. Cependant, il importe qu'un éclairement adéquat soit maintenu aux fins de nettoyage de l'immeuble. Prévoir des interrupteurs et une commande facile pour encourager les gens àéteindre les lumières lorsqu'on n'en a pas besoin. Préparer un système suggéré de commande de l'éclairage, basé sur la conception, pour faciliter les opérations.	Analyser l'utilisation de l'éclairage pendant les heures de travail et les périodes de nettoyage de l'immeuble. Mettre sur pied un programme de sensibilisation pour encourager les travailleurs à éteindre les lumières lorsqu'ils n'en ont pas besoin. De plus, rajuster les horaires des nettoyeurs pour réduire au minimum l'utilisation de l'éclairage, par exemple en nettoyant moins d'espaces en même temps et en éteignant les lumières dans les aires non occupées. Lorsque l'éclairage de grandes aires d'un étage ou d'un local est commandé par un seul interrupteur, considérer l'adjonction d'autres interrupteurs afin de pouvoir éteindre les lumières dans les aires où l'on n'en a pas besoin.	

Tableau 5.12.1 **CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLAIRAGE ET SUGGESTIONS DE GESTION DE L'ÉNERGIE** (suite)

Aspects à considérer	Plan d'action pour des constructions neuves	Plan d'action pour des constructions existantes	Ressources et commentaire
8. Utilisation des espaces	Lorsque les emplacements des cibles visuelles n'ont pas été spécifiés, collaborer avec le planificateur des espaces à bureaux pour déterminer les emplacements où les niveaux d'éclairage seront les plus élevés afin de mettre en valeur la conception du système d'éclairage et d'utiliser avec efficacité l'éclairage naturel. Dans la mesure du possible, considérer l'aménagement paysager car il augmente la dimension des locaux et améliore l'utilisation de la lumière. Si un nouvel espace a un faible taux d'occupation, considérer le groupement d'employés faisant du travail connexe de façon à fournir économiquement l'éclairage nécessaire pour leurs tâches; l'espace non occupé peut alors être éclairé aux niveaux inférieurs d'espaces environnants et d'aires de circulation.	Lorsqu'on constate que le taux d'occupation est faible, on pourrait considérer le groupement des travailleurs et la fermeture de l'espace inutilisé (avec un chauffage, un refroidissement et un éclairage minimaux). De plus, une analyse de l'éclairage existant peut indiquer où les cibles visuelles pourraient être situées pour profiter de l'éclairage existant et où les réflexions de voile sont moindres.	

Tableau 5.12.1 **CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ÉCLAIRAGE ET SUGGESTIONS DE GESTION DE L'ÉNERGIE** (suite)

ÉTUDE DE PHASE II

Matériel et matériaux : jeu de schémas de l'ouvrage fini, plans du chantier, liste des luminaires installés avec leurs puissances nominales, y compris les ballasts.

1. Introduction

Il s'agit de déterminer la charge d'éclairage connectée et, en utilisant l'information relative à l'occupation obtenue selon les lignes directrices, déterminer le bilan énergétique annuel.

Les données collectées peuvent être utilisées avec les méthodes décrits dans les documents générique portant sur le rendement énergétique (D04 – D07) pour effectuer une analyse énergétique complète de l'immeuble. La charge d'éclairage connectée se définit comme le bilan de puissance d'éclairage, tandis que la charge énergétique d'éclairage se définit comme le bilan énergétique d'éclairage. Les paragraphes suivants donnent une description détaillée des procédures.

2. Procédure de dresser le bilan de puissance d'éclairage

.1 Remplir les formulaires LPB/1 et LPB/2, pages 1 et 2, selon les instructions pertinentes et s'assurer que la charge réelle en watts ainsi déterminée respecte les lignes directrices du paragraphe e. de la présente annexe. LPB/1 ne couvre que les espaces intérieurs, alors que LPB/2 couvre l'extérieur des immeubles, les routes et les terrains et comporte des tableaux récapitulatifs de charge d'immeuble totale. Les tableaux 5.12.2 et 5.12.3 donnent des valeurs de bilan de puissance pour des espaces courants (intérieurs et extérieurs).

.2 Pour les espaces de dimensions et d'exigences d'éclairage semblables, il suffit d'effectuer les calculs une fois.

.3 Les espaces inférieurs à 14 m² peuvent au choix être considérés comme un grand espace ayant un niveau d'éclairage équivalent.

.4 Un exemple de l'utilisation de la procédure de dresser un bilan de puissance d'éclairage est annexé aux formulaires LPB/1 et LPB/2.

Espace et fonction	Bilan de puissance (W/mètre carré)
Cafeteria	15
Parking Garages	2
Computer Rooms	18
Conference Room	14
Drafting	50
Laboratories	34
Health Facilities (examination and treatment rooms)	22
Espace courants	
Chaufferie	7.53
Salle de conférence	13.99
Corridor	6.46
Salle d'appareillage électrique	6.46
Installations de services alimentaires	
Salle à dîner	15.07
Cuisine	18.30
Garage de stationnement	2.15
Salle de réunion	1.84
Laboratoires	34.44
Bibliothèque	23.68
Foyer, aire de réception, salle d'attente	10.76
Vestiaire et douches	6.46
Salle du courrier	30.14
Traitement des matériaux (en vrac)	7.53
Salle des machines	6.46
Cages d'escaliers	6.46
Salles d'entreposage ou entrepôt	
Inactif	2.15
Actif, matériel encombrant	4.31
Actif, matériel de taille moyenne	6.46
Tableau de commande et salle de commande	18.30
Cabinet d'aisance et salle de bains	7.53
Autres espaces	2.15
Débarras	4.31

Tableau 5.12.2 **Bilan de puissance d'éclairage pour espaces intérieurs**

Espace et fonction	Bilan de puissance (W/mètre carré)
Allées	
Privées (basées sur une largeur de 2 voies)	6.56
Publiques (basées sur une largeur de 2 voies)	9.84
Entrées avec auvent	
Décoratif (magasins, hôtels, théâtres, etc.)	107.64
Utilitaire (hôpitaux, bureaux, usines, etc.)	43.06
Entrées sans auvent	98.43
Sorties, avec ou sans auvent	65.62
Zone de chargement	3.23
Portes de chargement	65.62
Production et traitement extérieurs	4.31
Entreposage extérieur	2.15
Stationnements (extérieurs)	
Privés	20.0
Publics	30.0

Table 5.12.3 **Bilan de puissance d'éclairage pour espaces extérieurs**

Type de poste de travail (occupants)	Superficie autorise
Secrétaire	5.50 m²
Sténographe	4.00 m²
Sténographe (machine de traitement de texte)	5.50 m²
Opérateur d'èquipement	4.00 m²
Concepteur/dessinateur	6.50 m²
Commis	4.00 m²
Agent	7.25 m²
Professionnel	7.25 m²
Gestionnaire	10.00 m²
Cadre supérieur	11.25 m²

Table 5.12.4 **Superficie autorisée – poste de travail**

3. Formulaire de calcul de bilan de puissance d'éclairage
(fiche de données relatives aux espaces intérieurs)
Se reporter au formulaire LPB/1

Généralités Identifier l'immeuble et le projet en remplissant la partie supérieure du formulaire.

Colonne 1 Identifier les types de postes de travail exigeant les mêmes niveaux d'éclairage. Les classer selon les exigences d'espace individuelles. De cette façon, combiner toutes les cibles visuelles ayant les mêmes exigences d'éclairage et d'espace.

Colonne 2 Inscrire les niveaux d'éclairage pour chaque groupe de cibles identifie dans la colonne 1. (voir l'Annexe 5.2 pour les niveaux requis)

Colonne 3 Inscrire l'espace nécessaire pour chaque cible individuelle de chaque groupe identifié dans la colonne 1, en utilisant le tableau 5.12.4 de la présente annexe.

Colonne 4 Pour chaque groupe identifié dans la colonne 1, inscrire le nombre de postes de travail exigeant le même niveau d'éclairage.

Colonne 5 Inscrire l'espace total requis par chaque groupe identifié dans la colonne 1 en multipliant les valeurs des colonnes 3 et 4.

Colonne 6 Décrire le type de luminaire.

Colonne 7 Calculer le facteur d'utilisation du luminaire à partir des données photométriques du fabricant. (voir **IES Lighting Reference Handbook**, 1984, CH9)

Colonne 8 Inscrire l'efficacité lumineuse des lampes selon les données photométriques du fabricant.

Colonne 9 Calculer le facteur de perte d'éclairement.

Colonne 10 Pour chaque poste de travail identifié dans la colonne 1, calculer le bilan de puissance :

$$\frac{\text{Colonne 2 x Colonne 5}}{\text{Colonne 7 x Colonne 8 x Colonne 9}} = \text{Bilan de puissance}$$

Colonne 11 Calculer le bilan de puissance total du local en additionnant toutes les valeurs de la colonne 10.

Colonne 12 Inscrire toute remarque voulue.

Remarque : En bas de page, il y a une case de report permettant de calculer le bilan de puissance total pour le projet.

IDENTIFICATION DE L'IMMEUBLE	NOM : _____ ADRESSE : _____ N° DE PROJET : _____									PAGE 1 de 1	
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Type de poste de travail avec niveau d'éclairage (description)	Niveau d'éclairage (lux)	Espace requis			Données relatives aux luminaires			Facteur de perte d'éclairement	Bilan de puissance de poste de travail $\frac{[2] \times [5]}{[7] \times [8] \times [9]}$	Bilan de puissance total d'éclairage du local (additionner toutes les valeurs de [10] et multiplier la somme par [3]	Remarques
		m²	#	3 x 4	Description (Type, n° de cat.)	Fact. d'util.	Efficacité lumineuse de lampe (lm/W)				
Steno, Clerk	500	4.0	6	24	X, Y, Z	0.72	78	0.72	297		
Officer, Prof.	500	7.25	16	116	X, Y, Z	0.72	78	0.72	1434		
Manager	750	10.0	2	20	X, Y, Z	0.72	78	0.72	371		
Secretary	750	5.5	2	11	X, Y, Z	0.72	78	0.72	204		
Draftsman	1,000	6.5	4	26	X, Y, Z	0.72	78	0.72	643		
Gen. Lighting	300	4.0	15	60	X, Y, Z	0.72	78	0.72	445		
Vestibule	300	4.0	1	4	X, Y, Z	0.50	78	0.72	43		
Janitor	200	3.0	1	3	X, Y, Z	0.50	78	0.72	21		
Storage	100	7.0	1	7	X, Y, Z	0.50	78	0.72	25		
Washroom	300	15.0	1	15	X, Y, Z	0.50	78	0.72	160		
Washroom	300	10.0	1	10	X, Y, Z	0.50	78	0.72	107		
Corridor	300	10.0	1	10	X, Y, Z	0.50	78	0.72	107		
TOTAUX DE CETTE PAGE		306								3,857	
								TOTAL DE LA PAGE PRÉCÉDENTE		3,857	
								TOTAL DU PROJET		3,857	

LPB/1 **FORMULAIRE DE CALCUL DU BILAN DE PUISSANCE D'ÉCLAIRAGE (ESPACES INTÈRIEURS D'IMMEUBLE)**

4. Formulaire de calcul du bilan de puissance d'éclairage (formulaire récapitulatif des espaces intérieurs d'immeuble, des espaces extérieurs d'immeuble et des terrains et total du projet)

Se reporter au formulaire LPB/2, pages 1 et 2

1. Formulaire récapitulatif des espaces intérieurs d'immeuble

Généralités — Identifier l'immeuble et le projet en remplissant la partie supérieure du formulaire.

Ligne 1 — Inscrire l'aire brute du plancher en utilisant les dimensions hors tout inscrites sur les plans.

Ligne 2 — Identifier l'aire totale de tous les espaces intérieurs en inscrivant la valeur de la colonne 5 du formulaire LPB/1.

Ligne 3 — Identifier l'aire totale de tous les espaces intérieurs non identifiés en soustrayant la valeur de la ligne 2 de celle de la ligne 1.

Ligne 4 — Calculer le bilan de puissance des espaces non identifiés :

2.15 W/m² x ligne 3

Ligne 5 — Calculer le bilan de puissance des espaces identifiés :

Additionner toutes les valeurs de la colonne 11 du formulaire LPB/1.

Ligne 6 — Calculer le bilan de puissance des espaces intérieurs de l'immeuble :

Additionner les lignes 4 et 5.

Ligne 7 — Calculer la densité de puissance (W/m²) du bilan de puissance :

Diviser la ligne 6 par la ligne 1.

2. Formulaire récapitulatif des espaces extérieurs d'immeuble

Ligne 8 — Calculer l'éclairage d'appoint et de façade admissible (5 % de la ligne 5).

Ligne 9 — Calculer l'aire des entrées munies d'auvents.

Ligne 10 — Calculer le bilan de puissance pour la ligne 9 (107.6 W/mètre linéaire). Donc : 107.6 x ligne 9.

Ligne 11 — Calculer la largeur totale des entrées sans auvent.

Ligne 12 — Calculer le bilan de puissance pour la ligne 11 (98.4 W/mètre linéaire).
Donc : 98.4 x ligne 11.

Ligne 13 — Calculer la largeur totale de toutes les sorties et des portes de chargement de l'immeuble.

Ligne 14 — Calculer le bilan de puissance pour la ligne 13 (65.6 W/mètre linéaire).
Donc : 65.6 x ligne 13.

Ligne 15 Calculer le bilan de puissance des espaces extérieurs de l'immeuble en additionnant les lignes 8, 10, 12 et 14.

3. Formulaire récapitulatif des routes et du terrain

Ligne 16 Inscrire le nombre de places de stationnement extérieur.

Ligne 17 Inscrire le bilan de puissance pour la ligne 16 :

Stationnement privé = 20 W x nombre de places
Stationnement public = 30 W x nombre de places

Ligne 18 Inscrire la longueur de la route d'accès à deux voies.

Ligne 19 Inscrire le bilan de puissance pour la ligne 18 :

Route privée = 6.5 W x longueur de la route
Route publique = 9.8 W x longueur de la route

Ligne 20 Inscrire les aires de travail extérieures exigeant un éclairage.

Ligne 21 Inscrire le bilan de puissance pour la ligne 20 :

4.3 W x aire (m^2)

Ligne 22 Inscrire l'aire d'entreposage extérieure.

Ligne 23 Inscrire le bilan de puissance pour la ligne 22 :

2.15 W x aire (m^2)

Ligne 24 Inscrire le bilan de puissance du total du terrain et des routes en additionnant les lignes 17, 19, 21 et 23.

4. Summaire du projet

Ligne 25 Inscrire le bilan de puissance du total des espaces (intérieurs et extérieurs) de l'immeuble en additionnant les lignes 6 et 15.

Ligne 26 Inscrire la densité de puissance (en W/m^2) du bilan de puissance :

Diviser la ligne 25 par la ligne 1.

Ligne 27 Inscrire le bilan de puissance pour l'ensemble du projet :

Additionner les lignes 6, 15 et 24.

LPB 2. **FORMULAIRE DE CALCUL DU BILAN DE PUISSANCE D'ÉCLAIRAGE (ESPACES INTRIEURS ET EXTÈRIEURS D'IMMEUBLE)**

IDENTIFICATION DE L'IMMEUBLE	NOM : _____ ADRESSE: _____ N° DE PROJET : _____ PAGE 1 de 2

PARTIE 1. FORMULAIRE RÉCAPITULATIF DES ESPACES INTÉRIEURS DE L'IMMEUBLE

ART.	DESCRIPTION	PUISSANCE (W)	AIRE (m²)	GUIDE	REMARQUES
1	Aire brute du plancher de l'immeuble			Dimensions extérieures de l'immeuble	
2	Aire totale des espaces intérieurs identifiés			Total de la colonne [5], de LPB/1	
3	Aire (nette) des espaces non identifiés			[1] - [2]	
4	Bilan de puissance : espaces non identifiés			2.15 W/m² X [3]	
5	Bilan de puissance : espaces identifiés			Somme des valeurs de la colonne [11] de LPB/1	
6	Bilan de puissance : espaces intérieurs de l'immeuble			[4] + [5]	
7	Bilan de puissance : densité de puissance			[6] ÷ [1] (W/m²)	

PARTIE 2. FORMULAIRE RÉCAPITULATIF DES ESPACES EXTÉRIEURS DE L'IMMEUBLE

ART.	DESCRIPTION	PUISSANCE (W)	AIRE OU LONGUEUR	GUIDE	REMARQUES
8	Éclairage d'appoint et de façade			5 % de [5]	
9	Entrées de l'immeuble à auvent			Total des espaces extérieurs sous auvent	
10	Bilan de puissance : entrées à auvent			107.6 W/m x [9]	
11	Entrées de l'immeuble sans auvent			largeur totale (m)	
12	Bilan de puissance : entrées sans auvent			98.4 W/m x [11]	
13	Sorties de l'immeuble et portes de chargement			Largeur totale (mètres)	
14	Bilan de puissance : sorties de l'immeuble et portes de chargement			65.6 W/m x [13]	
15	Bilan de puissance : total des espaces extérieurs de l'immeuble			Additionner [8], [10], [12], et [14]	

LPB 2. FORMULAIRE DE CALCUL DU BILAN DE PUISSANCE D'ÉCLAIRAGE (ESPACES INTRIEURS ET EXTÈRIEURS D'IMMEUBLE) (suite)

IDENTIFICATION DE L'IMMEUBLE	NOM : _____ ADRESSE: _____ N° DE PROJET : _____	PAGE 2 de 2

PARTIE 3. FORMULAIRE RÉCAPITULATIF DES ESPACES EXTÉRIEURS - ROUTES - TERRAIN

ART.	DESCRIPTION	PUISSANCE (W)	NOMBRE, AIRE OU LONGUEUR	GUIDE	REMARQUES
16	Places de stationnement extérieur			Nombre et non l'aire	
17	Bilan de puissance : stationnement extérieur			Privé: 20 W x [16] Public: 30 W x [16]	
18	Longueur des routes d'accès à 2 voies			Longueur totale (m)	
19	Bilan de puissance : routes d'accès			Privé: 6.5 W/m x [18] Public: 9.8 W/m x [18]	
20	Aire totale traitement extérieur			m^2	
21	Bilan de puissance : traitement extérieur			4.3 W/m^2 x [20]	
22	Aire totale entreposage extérieur			m^2	
23	Bilan de puissance : entreposage extérieur			2.15 W/m^2 x [22]	
24	Bilan de puissance : total des routes et du terrain			Additionner [17], [19], [21], et [23]	

PARTIE 4. FORMULAIRE RÉCAPITULATIF DU BILAN DE PUISSANCE TOTAL DU PROJET

ART.	DESCRIPTION	PUISSANCE (W)	DENSITY DE PUISSANCE (W/m^2)	GUIDE	REMARQUES
25	Bilan de puissance : total de l'immeuble			Additionner [6], [15]	
26	Bilan de puissance : densité de puissance total			25 ÷ [1] (W/m^2)	
27	Bilan de puissance : total du projet			Additionner [6], [15], et [24]	

4. Détermination du bilan énergétique d'éclairage

1. Se reporter à la ligne 1 du formulaire LPB2, Aire brute du plancher de l'immeuble, et multiplier la valeur qui s'y trouve par 68 pour obtenir la limite supérieure du bilan énergétique annuel de l'immeuble (d'après l'exemple : 68 x 376 = 25 568 kWh/année).

2. Se reporter à la ligne 7 du formulaire LPB2. Densité de puissance, et multiplier la valeur qui s'y trouve par 68 pour obtenir la consommation annuelle d'énergie installée maximale par unité de superficie (d'après l'exemple : 10.7 x 3.12 = 33.4 kWh/m²/année).

3. Multiplier la consommation d'énergie unitaire de l'étape 2 ci–dessus par l'aire brute du plancher de l'immeuble (ligne 1) pour obtenir la consommation totale maximale annuelle d'énergie installée (d'après l'exemple : 33.4 x 376 = 12 558 kWh/année).

4. Comparer la consommation d'énergie annuelle réelle avec la valeur maximale admissible (d'après l'exemple : 12 558 kWh/année et 25 568 kWh/année).

5. Se reporter à la ligne 15, Bilan de puissance : total des espaces extérieurs de l'immeuble, et multiplier la valeur qui s'y trouve par 3.64 pour obtenir la limite supérieure du bilan énergétique annuel pour les espaces extérieurs de l'immeuble (d'après l'exemple : 1 349 x 3.64 = 4 910 kWh/année).

6. Prendre des mesures pour les espaces extérieurs de l'immeuble (à l'exception des routes, des stationnements et du terrain) et analyser les horaires annuels pour déterminer la consommation d'énergie réelle. Cette valeur ne devrait pas dépasser celle de l'étape 5.

7. Recommencer la procédure des étapes 5 et 6 pour le reste des charges d'éclairage des espaces extérieurs.

Example: **CALCUL DU BUDGET D'ÉCLAIRAGE**

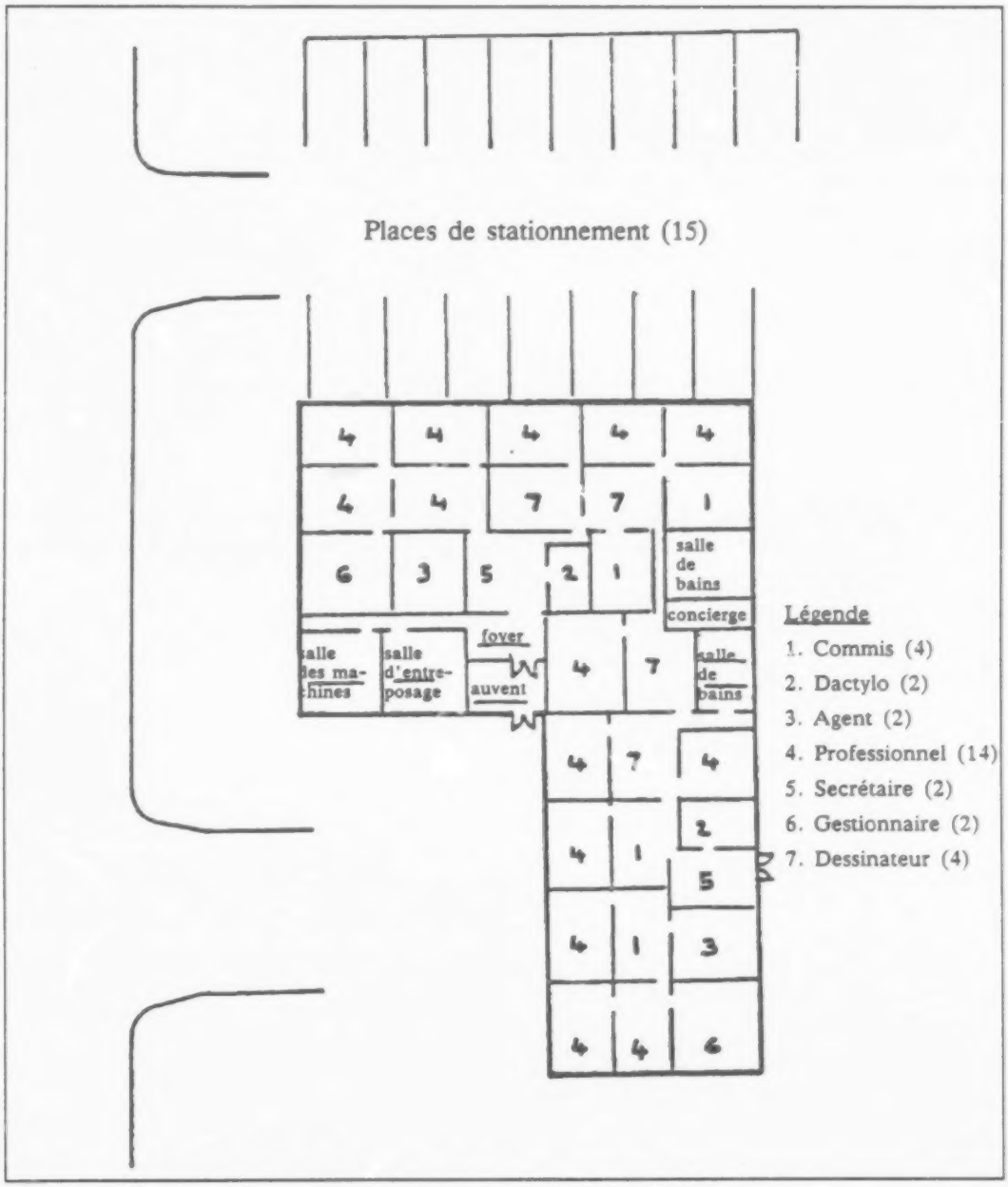


Figure 5.12.1 **Immeuble type – calcul du buget d'éclairage**

LPB 2. **FORMULAIRE DE CALCUL DU BILAN DE PUISSANCE D'ÉCLAIRAGE (ESPACES INTRIEURS ET EXTÈRIEURS D'IMMEUBLE)**

IDENTIFICATION DE L'IMMEUBLE	NOM : _____ ADRESSE: _____ N° DE PROJET : _____ PAGE 1 de 2

PARTIE 1. FORMULAIRE RÉCAPITULATIF DES ESPACES INTÉRIEURS DE L'IMMEUBLE

ART.	DESCRIPTION	PUISSANCE (W)	AIRE (m²)	GUIDE	REMARQUES
1	Aire brute du plancher de l'immeuble		376	Dimensions extérieures de l'immeuble	
2	Aire totale des espaces intérieurs identifiés		306	Total de la colonne [5], de LPB/1	
3	Aire (nette) des espaces non identifiés		70	[1] - [2]	
4	Bilan de puissance : espaces non identifiés	150		2.15 W/m² X [3]	
5	Bilan de puissance : espaces identifiés	3,857		Somme des valeurs de la colonne [11] de LPB/1	
6	Bilan de puissance : espaces intérieurs de l'immeuble	4,007		[4] + [5]	
7	Bilan de puissance : densité de puissance	10.7		[6] ÷ [1] (W/m²)	

PARTIE 2. FORMULAIRE RÉCAPITULATIF DES ESPACES EXTÉRIEURS DE L'IMMEUBLE

ART.	DESCRIPTION	PUISSANCE (W)	AIRE OU LONGUEUR	GUIDE	REMARQUES
8	Éclairage d'appoint et de façade	193		5 % de [5]	
9	Entrées de l'immeuble à auvent		8	Total des espaces extérieurs sous auvent	
10	Bilan de puissance : entrées à auvent	861		107.6 W/m x [9]	
11	Entrées de l'immeuble sans auvent		3	largeur totale (m)	
12	Bilan de puissance : entrées sans auvent	295		98.4 W/m x [11]	
13	Sorties de l'immeuble et portes de chargement		-	Largeur totale (mètres)	
14	Bilan de puissance : sorties de l'immeuble et portes de chargement	-		65.6 W/m x [13]	
15	Bilan de puissance : total des espaces extérieurs de l'immeuble	1,349		Additionner [8], [10], [12], et [14]	

LPB 2. **FORMULAIRE DE CALCUL DU BILAN DE PUISSANCE D'ÉCLAIRAGE (ESPACES INTRIEURS ET EXTÈRIEURS D'IMMEUBLE)** (suite)

IDENTIFICATION DE L'IMMEUBLE	NOM : _____ ADRESSE: _____ N° DE PROJET : _____ PAGE 2 de 2

PARTIE 3. FORMULAIRE RÉCAPITULATIF DES ESPACES EXTÉRIEURS - ROUTES - TERRAIN

ART.	DESCRIPTION	PUISSANCE (W)	NOMBRE, AIRE OU LONGUEUR	GUIDE	REMARQUES
16	Places de stationnement extérieur		15	Nombre et non l'aire	
17	Bilan de puissance : stationnement extérieur	300		Privé: 20 W x [16] Public: 30 W x [16]	
18	Longueur des routes d'accès à 2 voies		200	Longueur totale (m)	
19	Bilan de puissance : routes d'accès	1,300		Privé: 6.5 W/m x [18] Public: 9.8 W/m x [18]	
20	Aire totale traitement extérieur			m^2	
21	Bilan de puissance : traitement extérieur	0		4.3 W/m^2 x [20]	
22	Aire totale entreposage extérieur		0	m^2	
23	Bilan de puissance : entreposage extérieur	0		2.15 W/m^2 x [22]	
24	Bilan de puissance : total des routes et du terrain	1,600		Additionner [17], [19], [21], et [23]	

PARTIE 4. FORMULAIRE RÉCAPITULATIF DU BILAN DE PUISSANCE TOTAL DU PROJET

ART.	DESCRIPTION	PUISSANCE (W)	DENSITY DE PUISSANCE (W/m^2)	GUIDE	REMARQUES
25	Bilan de puissance : total de l'immeuble	5,356		Additionner [6], [15]	
26	Bilan de puissance : densité de puissance totale		14.2	25 ÷ [1] (W/m)	
27	Bilan de puissance : total du projet	6,956		Additionner [6], [15], et [24]	

ÉTUDE DE PHASE III

1. Ce niveau d'étude n'est requis que pour les projets pilotes, où il est souhaitable de créer une banque de données de référence sur divers types de stratégies de gestion d'énergie, entièrement intégrés à tous les systèmes de l'immeuble. Il existe toute une variété de méthodes, mais les points suivants sont d'un intérêt général :

   a. identification des données de base sur les luminaires et sur l'immeuble fournies par les phases I et II;
   b. identification du profil d'occupation de l'immeuble, effectuée au moyen d'une combinaison d'information procurée par les cadres, d'observations personnelles et de données collectées à l'aide de capteurs d'occupation et de capteurs de charge d'éclairage. On peut également considérer l'utilisation de questionnaires;
   c. identification du système complet de commande d'éclairage et des données connexes dans le but de déceler des défauts d'adaptation, des besoins d'étalonnage ou d'intégration à d'autres systèmes ou éléments de l'immeuble, des possibilités d'amélioration tant de la taille des zones de commande que de la qualité de la commande;
   d. identification des coûts annuels; étude de l'effet des facteurs suivants sur l'environnement : quantité, qualité et consommation d'énergie d'éclairage; étude de l'effet de l'éclairage sur le ou les systèmes de chauffage, de ventilation et de conditionnement d'air et sur les procédures et frais de maintenance;
   e. identification des possibilités d'amélioration de la performance générale de l'immeuble dans le domaine de l'éclairage de l'environnement, dans les domaines thermique et acoustique ainsi que des possibilités d'optimiser la performance technique et économique du système d'éclairage.

2. Nous ne suggérons pas de procédures détaillées à cause de leur complexité.

   Il faut des efforts d'une équipe spéciale multidisciplinaire pour achever cette phase avec succès. Si on a besoin d'aide, on peut communiquer avec la division du SAG, à l'Administration centrale de TPC.

5.13 ÉTUDE DE LA MAINTENANCE DE L'ÉCLAIRAGE

La maintenance appropriée de l'éclairage est un élément essentiel pour maintenir un environnement lumineux approprié. En plus des exigences de maintenance habituelles du fabricant pour valider les garanties du matériel, il y a l'exigence légale supplémentaire du Règlement de Travail Canada (sur l'hygiène et la sécurité au travail) de maintenir des niveaux d'éclairage minimaux (voir annexe 5.2). Enfin, il serait peu économique de réduire les niveaux d'éclairage qui ont été établis au stade de la conception s'il y a le moindre risque que cela entraîne une très faible réduction du rendement des employés. En fait, le coût d'éclairage annuel par employé est égal à environ une ou deux fois le salaire horaire d'un employé.

PHASES I ET II : ÉTUDE DE LA MAINTENANCE DE L'ÉCLAIRAGE

Matériel : sonde thermique, multimètre, accessoires
Matériaux : journaux de maintenance, journal de fonctionnement manuel/automatique, schémas de l'ouvrage fini, données sur les luminaires fournies par le fabricant

Cette étude consiste en une visite de l'immeuble pour évaluer visuellement le niveau de maintenance des systèmes d'éclairage, allant du luminaire complet au mécanisme de commande et aux conditions matérielles et ambiantes qui influent directement sur la maintenance de l'éclairage. Voici les étapes suggérées :

- Obtenir une liste de tous les luminaires installés avec leurs caractéristiques principales.
- Tenter d'obtenir un dossier des pratiques de maintenance et un journal des défauts de fonctionnement.
- Déterminer l'horaire de fonctionnement de tous les systèmes d'éclairage (voir remarque 1).
- À partir des données ci–dessus et d'une facture d'électricité, déterminer les frais de maintenance annuels.
- Demander si des programmes de maintenance ont été établis conformément aux recommandations du fabricant pour chaque type de source de lumière (voir remarque 2).
- Noter toute preuve de saleté ou de problèmes de jaunissement sur les diffuseurs et dans les luminaires.
- Noter toute preuve de flèche des diffuseurs.
- Noter toute preuve de défaillance des luminaires et en déterminer les causes.
- Noter toute preuve de lampes déposées, de lampes remplacées, de rattrapage, de lampes déplacées, de masquage de sources d'éblouissement, d'éclairage localisé, etc.
- Noter toute détérioration des facteurs de réflexion ambiants (voir annexes 5.3 et 5.5 pour les valeurs de référence et les techniques de mesure).
- Vérifier si les dispositifs de commande de l'éclairage (locaux, à distance, manuels et automatiques) fonctionnent bien et sont adéquats.
- Noter toute preuve de problèmes d'orientation, de montage et de mise au point des luminaires (s'il y lieu).
- Noter toute preuve de problèmes des ballasts (surchauffe, fuite, bruit, mauvais emplacement).

- Noter toute preuve de l'utilisation de surfaces très foncées/claires et toute preuve de mauvais facteurs de réflexion des surfaces à cause d'un manque d'entretien.
- Des programes d'ordinateurs sont disponibles de TPC qui optimize l'économie et la performance de l'éclairage.

REMARQUES :

1. L'horaire de fonctionnement est déterminé approximativement par l'évaluation des exigences de fonctionnement cyclique des diverses charges d'éclairage et leur facteur d'utilisation en tant que pourcentage de la pleine charge. Des observations ponctuelles, combinées aux exigences de fonctionnement procurées par les gérants d'immeuble et le personnel d'entretien peuvent fournir une évaluation assez bonne du fonctionnement de l'éclairage des espaces intérieurs etextérieurs. On ne peut obtenir de meilleures évaluations, sauf si l'on utilise pour chaque zone un moniteur d'éclairage développé par le CNRC.
2. Se reporter aux pratiques de maintenance recommandées par le fabricant et noter si les précautions suivantes sont respectées.

   a. viter d'installer des lampes de surpuissance (sauf si elles sont requises par la conception).
   b. Ne jamais manipuler les lampes à halogène les mains nues; si elles sont équipées de gradateurs, les faire fonctionner à plein débit de temps à autre pour rétablir le cycle d'halogène.
   c. Les lampes aux halogénures doivent être contenues dans des luminaires approuvés par l'ACNOR.
   d. Remplacer les lampes à sodium à haute pression peu de temps après qu'elles commencent à présenter des fluctuations ou des tons de couleur jaune très monochromatiques.

   La figure 5.13.1 donne les valeurs types de perte d'éclairement d'un système d'éclairage fluorescent.

   Une évaluation des taux de défaillance des lampes fluorescentes F40 standards et de leurs ballasts types est donnée aux tableaux 5.13.1 et 5.13.2.

   Le tableau 5.13.3 donne les produits de nettoyage recommandés.

   Le tableau 5.13.4 donne les méthodes de dépannage recommandées.

   L'information contenue dans la figure 5.13.1 et les tableaux 5.13.1 et 5.13.2 est dérivée de la section 4 du Application Volume (1987) de l'IES.

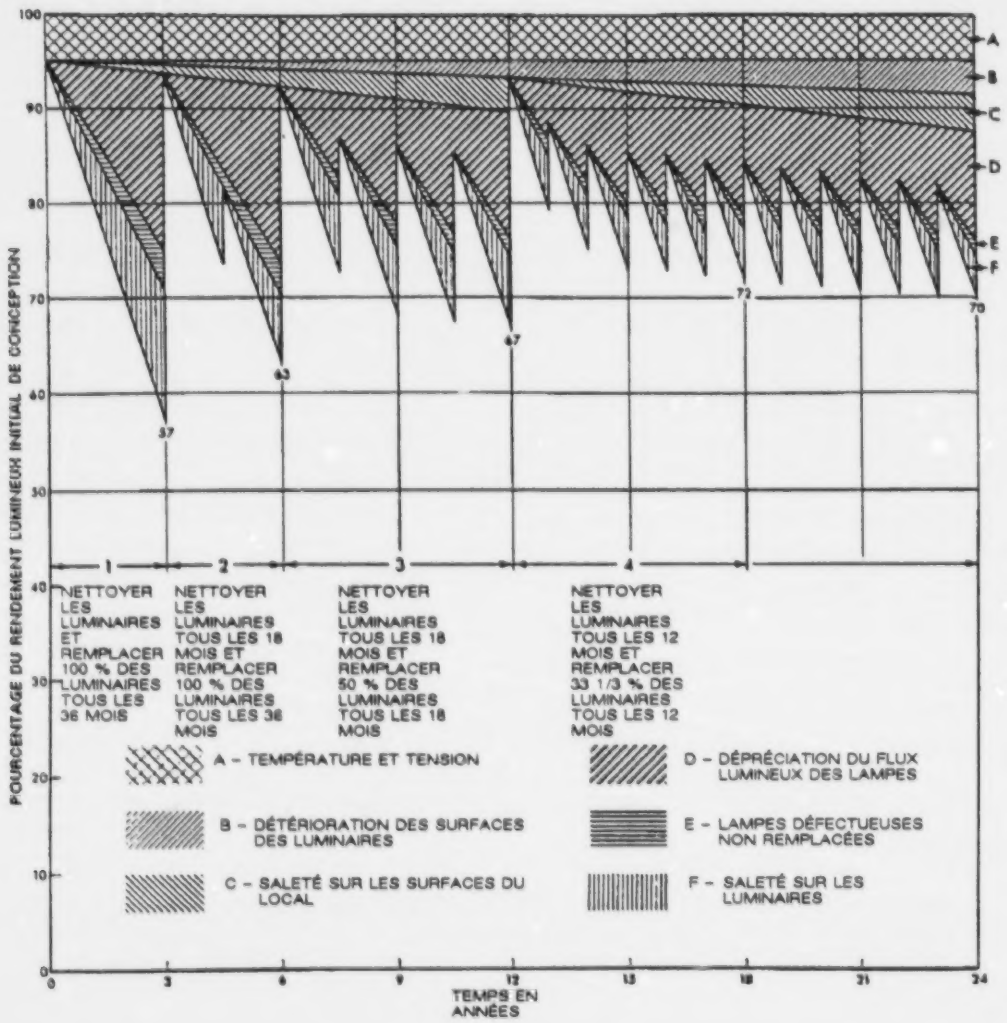


Figure 5.13.1: **Effet de la perte de flux lumineux sur le niveau d'éclairement.** L'exemple de la figure porte sur des lampes blanc froid T–12 de 40 watts à allumage rapide posées dans des luminaires fermés montés en applique, utilisés 10 heures par jour, 5 jours par semaines, 2 600 heures par année. Pour faciliter la comparaison, les quatre systèmes de maintenance sont représentés sur le même graphique. Pour une comparaison relative des quatre systèmes, ils doivent tous commencer au même moment et couvrir la même période.

MOIS	TEMPS DE FONCTIONNEMENT (HEURES)	TAUX DE DÉFAILLANCE (%)	POURCENTAGE DE LA DURÉE DE VIE NOMINALE ÉCOULÉ
0	0.0	0.0	0.0
3	912.5	0.0	0.038
6	1,825.0	0.0	0.076
9	2,737.5	0.0	0.114
12	3,650.0	0.0	0.152
15	4,562.5	0.0	0.190
18	5,457.0	0.0	0.227
21	6,387.5	0.1	0.266
24	7,300.0	0.1	0.304
27	8,212.5	0.3	0.342
30	9,125.0	0.5	0.380
33	10,037.5	1.0	0.418
36	10,950.0	1.7	0.456
39	11,862.5	2.9	0.494
42	12,775.0	4.7	0.532
45	13,687.5	7.3	0.570
48	14,600.0	10.7	0.608
51	15,512.5	15.2	0.646
54	16,425.0	20.7	0.684
57	17,337.5	27.2	0.722
60	18,250.0	34.5	0.760

Tableau 5.13.1 **Taux de défaillance types des lampes fluorescentes F40 utilisés 3 650 heures/année**

ANNÉE	DÉFAILLANCES PAR ANNÉE
1	0.3
2	0.5
3	1.0
4	1.6
5	2.9
6	4.5
7	6.8
8	9.5
9	11.3
10	12.0
11	12.5
12	12.0
13	11.3
14	9.7
15	8.7
16	8.2
17	7.8
18	8.4
19	8.9
20	9.4
22	10.2
23	10.2
24	10.2
25	9.8

Tableau 5.13.2 **Taux de défaillance type des ballasts utilisés 4 000 heures/année**

Aluminium. On peut utiliser des savons et nettoyants très doux sur l'aluminium sans nuire au fini si le matériau est rincé abondamment à l'eau propre dès le nettoyage. Ne jamais utiliser de nettoyants fortement alcalins.

Émail. Ce matériau n'est pas endommagé par des nettoyants non abrasifs. Les détergents et la plupart des nettoyants pour automobiles et pour verre conviennent dans des conditions moyennes.

Émail synthétique. Certains nettoyants forts risquent d'endommager ce matériau, en particulier lorsqu'on laisse l'émail tremper dans la solution. Ne pas utiliser d'alcool ni de nettoyants abrasifs. Les détergents, par contre, ne produisent pas d'effets nuisibles.

Verre. Comme dans le cas de l'émail, on peut utiliser avec succès la plupart des nettoyants non abrasifs sur le verre. Habituellement, les nettoyants secs sont utilisés de préférence sur les panneaux de verre clair mais non sur les surfaces attaquées à l'acide ou sablées. La plupart des détergents conviennent dans des conditions moyennes.

Matières plastiques. Très souvent, la poussière est attirée par une charge statique développée sur les matières plastiques. La plupart des détergents courants n'offrent pas une protection antistatique prolongée. Cependant, dans la plupart des cas, si la matière plastique est nettoyée au moins deux fois par année, on obtient un degré de propreté satisfaisant. Il existe des produits antistatiques qui offrent une protection supérieure à celle qu'offrent les détergents courants. Il ne faut pas essuyer la matière plastique après avoir appliqué la solution de rinçage.

Tableau 5.13.3 **Produits de nettoyage recommandés selon le matériau pour la maintenance de l'éclairage**

Lampes à incandescence

Conseils de maintenance. Les problèmes des lampes à incandescence résultent habituellement d'une mauvaise application, de mauvaises conditions de service ou de mauvaises pratiques de maintenance. On peut éviter la plupart des problèmes en respectant les conseils de maintenance suivants :

1. *Surtension ou surintensité.* Les valeurs nominales des lampes doivent correspondre aux conditions réelles du circuit. Le fonctionnement en surtension ou en surintensité risque de réduire considérablement la durée de vie des lampes. Par exemple, une lampe de 120 volts utilisée dans un circuit de 125 volts subit une perte de durée de vie de 40 pour–cent.

2. *Chocs et vibrations.* Dans des conditions de chocs ou de vibrations, il est recommandé d'utiliser des lampes résistant aux vibrations ou des lampes pour service dur. L'utilisation de lampes universelles dans ces conditions réduit leur durée de vie.

3. *Douilles.* Des lampes d'une puissance donnée ne doivent pas être montées dans des douilles conçues pour une puissance inférieure, autrement les lampes et les douilles risquent de surchauffer. La surchauffe risque de réduire le rendement des lampes ou la durée de vie des fils isolés, des douilles, etc.

Tableau 5.13.4 **Dépannage des systèmes d'éclairage**

4. *Luminaires*. N'utiliser que les lampes pour lesquelles le luminaire a été conçu. Le contact entre toute partie métallique d'un luminaire et une lampe chaude risque de provoquer une défaillance violente de la lampe.

5. *Nettoyage des lampes*. Il ne faut pas utiliser un chiffon mouillé pour nettoyer une lampe chaude, autrement on risque de provoquer une défaillance violente de la lampe.

6. *Position de fonctionnement appropriée*. Les lampes doivent être utilisées dans leur position de fonctionnement appropriée, spécifiée par leur fabricant. L'utilisation des lampes dans la mauvaise position risque de provoquer la défaillance de la lampe, immédiatement ou après une courte période de fonctionnement.

7. *Remplacement des lampes*. Dans la mesure du possible, les lampes doivent être remplacées après que l'alimentation est coupée. Si l'on remplace les lampes pendant que le luminaire est sous tension, en particulier dans le cas des types à haute tension, on risque de provoquer un amorçage d'arc entre le culot de la lampe et la douille.

8. *Lampes à halogène*. Couper l'alimentation avant d'installer ce type de lampe. De plus, il est recommandé de tenir l'ampoule avec un chiffon propre ou du papier de soie pour éviter de laisser des empreintes digitales sur l'ampoule. Les empreintes digitales risquent d'entraîner la décoloration de l'ampoule et une réduction subséquente du rendement lumineux. Suivre les instructions du fabricant de la lampe inscrites sur l'enveloppe en carton de chaque lampe.

9. *Lampes à réflecteur dichroque*. Certaines lampes font appel à un réflecteur dichroque conçu pour renvoyer la chaleur à travers le réflecteur par rayonnement. Les luminaires équipés de ces lampes doivent être munis d'un ventilateur ou être conçus pour assurer le refroidissement approprié de la douille et du câblage voisin de l'ampoule.

Circuits de lampes fluorescentes à préchauffage

Dépannage

1. Remplacer les lampes existantes par des lampes en bon état de fonctionnement.

2. S'assurer que les lampes peuvent être utilisées dans des circuits de préchauffage. N'utiliser que les types de lampes marquées sur les étiquettes des ballasts.

3. Remplacer les starters existants par des starters en bon état de fonctionnement. Des starters anti-clignotement sont le type recommandé.

4. Vérifier le câblage du luminaire pour voir s'il n'y a pas de mauvaises connexions, des connexions desserrées ou des fils brisés. Se reporter au schéma de câblage imprimé sur le ballast.

5. Vérifier le ballast pour voir si l'étiquette correspond à l'utilisation en ce qui concerne les limitations de température et les lampes à utiliser. Remplacer le ballast s'il est défectueux ou s'il ne répond pas aux exigences de l'utilisation.

Tableau 5.13.4 **Dépannage des systèmes d'éclairage** (suite)

Conseils de maintenance

1. Les lampes défectueuses doivent être remplacées dès que possible. Les lampes qui clignotent provoquent des courants anormaux dans le ballast, entraînant la surchauffe de ce dernier, ce qui réduit sa durée de vie.

2. Le clignotement des lampes réduit également la durée de vie des starters.

3. Les lampes de 30 et de 40 watts économes d'énergie à allumage rapide ne doivent pas être utilisées dans les circuits de préchauffage de lampes fluorescentes. Les remplacer par des lampes standards.

Circuits de lampes fluorescentes à allumage rapide

Dépannage. Un courant de chauffage constant est essentiel à l'allumage approprié de toutes les lampes à allumage rapide. Pour les types de 800 mA et de 1 500 mA, le courant de chauffage constant est également essentiel au bon fonctionnement de la lampe.

1. Si l'allumage prend de 5 à 6 secondes, il est probable qu'une des cathodes ne reçoit pas le courant de chauffage. Au bout d'une courte période de fonctionnement, cela entraîne habituellement un noircissement excessif de l'extrémité qui ne reçoit pas la chaleur cathodique. Retirer les lampes des douilles, puis vérifier les tensions de chauffage. À cette fin, on peut utiliser un appareil d'essai constitué d'une lampe de poche montée sur un culot de lampe fluorescente. Si l'on utilise un voltmètre, une résistance de 10 ohms, 10 watts, doit être montée en parallèle avec le voltmètre. Le voltmètre doit indiquer au moins 3 volts. Si la tension est bonne, vérifier s'il n'y a pas un mauvais contact entre la douille et les broches ou les plots de la lampe. Si la tension est nulle, vérifier s'il n'y a pas de circuit ouvert (mauvaises connexions, connexions inappropriées, fils brisés ou mis à la masse, circuit de chauffage du ballast ouvert). Vérifier l'écart entre les douilles.

2. Si une des lampes fait défaut et que l'autre lampe fonctionne à une luminosité réduite ou si les deux lampes font défaut, il se peut qu'une seule lampe soit défectueuse.

3. Remplacer le ballast si une tension nulle ou inappropriée est appliquée aux lampes après qu'on a déterminé que la tension d'entrée du ballast est correcte.

Conseils de maintenance

1. Les lampes défectueuses doivent être remplacées dès que possible. Les lampes de 800 et de 1 500 mA ont besoin du courant de chauffage et du courant de service pour un fonctionnement approprié. Si l'un ou l'autre est absent, il en résulte un mauvais allumage ou une durée de vie réduite. Dans un circuit de deux lampes en série, une des lampes peut faire défaut, et l'autre fonctionne alors à un courant réduit. Cette condition réduit la durée de vie de la seconde lampe.

Tableau 5.13.4 **Dépannage des systèmes d'éclairage** (suite)

2. Garder les lampes raisonnablement propres. Les ampoules de toutes les lampes à allumage rapide sont enduites d'une couche de silicone pour assurer un allumage fiable dans des conditions de grande humidité. En milieu très humide, la saleté pourrait s'accumuler sur la surface des lampes et absorber l'humidité, ce qui annulerait l'effet de la couche de silicone et empêcherait l'allumage ou entraînerait un allumage erratique.

Circuits de lampes fluorescentes à allumage instantané

Dépannage. Noter que les circuits à deux lampes peuvent être du type capacitif–inductif ou du type à allumage séquentiel.

1. Remplacer les lampes existantes par des lampes en bon état de fonctionnement.

2. Vérifier les douilles de lampe à la recherche de contacts brisés ou grillés ou de plastique décoloré dans les douilles, indiquant la surchauffe. Vérifier le circuit pour voir s'il n'y a pas de mauvaises connexions ou des fils brisés. Se reporter au schéma de câblage sur le ballast.

3. Si l'on soupçonne que le ballast est défectueux, le remplacer par un ballast en bon état de fonctionnement. Il est difficile de mesurer les tensions aux bornes des ballasts dans un luminaire, car le circuit primaire du ballast est automatiquement coupé lorsqu'une lampe est retirée.

Conseils de maintenance

Les lampes défectueuses doivent être remplacées dès que possible. Dans un circuit de deux lampes en série, une des lampes peut faire défaut, et l'autre fonctionne alors à une luminosité réduite. Cette condition réduit la durée de vie de la seconde lampe et produit aussi un courant anormal dans le ballast, ce qui entraîne la surchauffe du ballast et une réduction de sa durée de vie.

Lampes à mercure

Dépannage

1. Remplacer la lampe par une lampe en bon état de fonctionnement. S'assurer que la lampe de rechange est froide car les lampes chaudes ne s'allument pas immédiatement.

2. Vérifier que la lampe est bien assise et que le plot et le corps du culot sont en contact approprié avec la douille de lampe.

3. Repérer la plaque signalétique du ballast. S'assurer que les désignations du ballast correspondent à celles de la lampe. Se reporter au système de désignation des lampes et des ballasts développé par l'industrie des lampes et l'American National Standards Institute.

4. Vérifier le câblage du ballast. Si un ballast à enroulement primaire à prises est utilisé, s'assurer que la prise connectée correspond à la tension d'alimentation.

Tableau 5.13.4 **Dépannage des systèmes d'éclairage** (suite)

5. Vérifier le circuit d'alimentation pour voir s'il n'y a pas des circuits ouverts ou de mauvaises connexions.

6. Remplacer le ballast s'il n'y a aucune tension de sortie tandis que la tension de ligne est bien appliquée aux bornes d'entrée du ballast.

7. Si une lampe fait défaut prématurément ou si les lampes continuent de faire défaut de la même manière dans un même luminaire, vérifier les points suivants :

   a. *Lampes brisées* – des fissures ou la rupture de l'ampoule externe permettent à l'air d'entrer dans la lampe, ce qui entraîne la défaillance du joint d'étanchéité du tube à arc. Les fissures ou les ruptures peuvent résulter d'une manipulation brutale, du contact avec les surfaces métalliques d'un changeur d'ampoules ou avec des parties métalliques du luminaire ou de gouttelettes d'eau tombant sur une lampe allumée.

   b. *Tubes à arc excessivement noircis ou dilatés* – cette condition peut indiquer un courant de lampe excessif et une surpuissance. Voir les étapes 3, 4 et 5 ci-dessus. De plus, il se peut que le ballast ait fait défaut à cause d'un élément défectueux, comme un condensateur ou des enroulements de noyau court-circuités.

Attention : Pour éliminer le risque de choc électrique, toujours couper l'alimentation avant de retirer ou de poser des lampes. Cette exigence est particulièrement importante lorsqu'on retire des lampes qui peuvent avoir une ampoule externe fissurée ou brisée. À moins qu'on n'ait coupé l'alimentation, les parties métalliques exposées de la structure interne de la lampe sont soustension, et si l'on y touche, on risque de subir un choc électrique.

Conseils de maintenance

1. Si des ballasts à prises sont utilisés, s'assurer que la prise connectée correspond à la tension d'alimentation. Si l'on applique une tension de ligne donnée à une prise de valeur nominale supérieure, on obtient un rendement lumineux réduit à cause du fonctionnement en souspuissance. Si l'on applique une tension de ligne donnée à une prise de valeur nominale inférieure, on obtient une mauvaise maintenance du flux lumineux et une durée de vie réduite à cause du fonctionnement en surpuissance.

2. La tension de ligne doit être raisonnablement exempte de fluctuations. Il existe une variété de types de ballasts qui assurent un pourcentage de régulation voulu de la puissance de la lampe pour un pourcentage donné de variation de la tension de ligne.

3. Les combinaisons de lampe et de ballast doivent être choisies de façon que leurs caractéristiques électriques soient adaptées. On peut garantir cette adaptation en suivant le système de désignation des lampes et des ballasts développé par l'industrie des lampes et l'ANSI. Une mauvaise adaptation des lampes aux ballasts risque de réduire la durée de vie et d'endommager le matériel.

Tableau 5.13.4 **Dépannage des systèmes d'éclairage** (suite)

4. Les lampes doivent être manipulées soigneusement. Une manipulation brutale risque de causer des égratignures ou des fissures des ampoules externes de verre, ce qui entraîne une réduction de la durée de vie des lampes et des blessures éventuelles.

Attention : Si l'ampoule externe d'une lampe est brisée ou perforée, le tube à arc continue de fonctionner pendant de nombreuses heures. À moins que le luminaire ne soit blindé, les rayons ultraviolets sont alors émis à la zone environnante. Il existe certains types de lampes qui s'éteignent automatiquement si l'ampoule externe est brisée ou perforée.

Lampes à mercure à ballast intégré

Dépannage

1. Les étapes 1, 2 et 5 de la rubrique "Lampes à mercure" s'appliquent.

2. Les lampes à mercure à ballast intégré sont désignées selon la tension. Elles sont destinées aux installations dans lesquelles les tensions se présentant aux douilles correspondent à la plage de tension recommandée par le fabricant pour la lampe en cause.

3. Règle générale, après une courte interruption de l'alimentation, le réamorçage automatique des lampes à mercure à ballast intégré prend plus longtemps que celui des lampes à mercure mais moins longtemps que celui des lampes aux halogénures.

4. Les lampes destinées à fonctionner sur une tension de ligne de 120 volts sont équipées d'un contact thermostatique de préchauffage des électrodes d'amorçage du tube à arc. L'action de ce contact peut provoquer un "clignotement" pendant l'amorçage et le réamorçage de la lampe. Ce "clignotement" se produit pendant les 7 à 30 secondes environ qui suivent la mise sous tension de la lampe, et moins longtemps en réamorçage automatique.

5. Les limites de température d'amorçage publiées par les fabricants doivent être soigneusement respectées. Puisque ces lampes fonctionnent directement sur la tension de ligne, on ne peut introduire une tension transformée comme dans le cas des lampes à mercure, aux halogénures et à sodium à haute pression, qui font appel à un ballast et peuvent comporter un transformateur élévateur.

Conseils de maintenance

1. Les lampes doivent être manipulées soigneusement. Une manipulation brutale risque de causer des égratignures ou des fissures, ce qui entraîne une réduction de la durée de vie des lampes et des blessures éventuelles.

2. Comme il est probable que des lampes à ballast intégré seront posées dans des douilles de lampe à incandescence, elles seront posées dans des luminaires anciens. Il faut respecter la valeur nominale de la douille et empêcher l'eau de tomber sur l'ampoule. Suivre les recommandations des fabricants au sujet des positions de fonctionnement à l'intérieur et à l'extérieur, dans des luminaires ouverts ou fermés.

Tableau 5.13.4 **Dépannage des systèmes d'éclairage** (suite)

Lampes aux halogénures

Suivre les recommandations et toutes les précautions données pour les lampes à mercure car elles s'appliquent également aux lampes aux halogénures. De plus, l'information suivante s'applique aux lampes aux halogénures.

Dépannage

1. De nombreuses lampes aux halogénures ne doivent être utilisées que dans les positions de fonctionnement spécifiées. Si cette exigence n'est pas respectée, il en résulte une durée de vie réduite et un rendement lumineux et un rendement de la couleur inappropriés.

2. Le temps de réamorçage automatique après une courte interruption de l'alimentation peut être beaucoup plus long que celui des lampes à mercure. Il ne s'agit pas d'une défectuosité de la lampe et il ne faut pas en conclure que la lampe doit être remplacée.

3. Les lampes aux halogénures peuvent présenter un léger retard entre la mise sous tension et l'amorçage.

4. Les lampes aux halogénures ont pour caractéristique que la couleur de la source de lumière peut varier légèrement d'une lampe à l'autre. De plus, un fonctionnement de un ou deux jours peut être nécessaire pour stabiliser la couleur des lampes.

Attention : Suivre les recommandations du fabricant au sujet des utilisations admises des lampes aux halogénures dans des luminaires ouverts ou fermés.

Conseils de maintenance

1. Si une lampe aux halogénures doit être déplacée d'un luminaire à un autre, veiller à poser la lampe dans la position de fonctionnement d'origine. Si l'on change la position de fonctionnement, même après que la lampe s'est refroidie, il faut prévoir un temps de restabilisation de la couleur.

2. Ne faire fonctionner les lampes aux halogénures que dans leurs positions de fonctionnement admises.

Lampes à sodium à basse pression

Dépannage

1. Remplacer la lampe par une lampe en bon état de fonctionnement.

2. Vérifier que la lampe est bien assise dans la douille et qu'il y a un bon contact électrique.

3. Noter les valeurs nominales de la plaque signalétique du ballast.

4. Vérifier le câblage du ballast. S'il s'agit d'un ballast à prises, s'assurer que la prise utilisée correspond à la tension d'alimentation qui se présente au ballast.

Tableau 5.13.4 **Dépannage des systèmes d'éclairage** (suite)

5. Vérifier le circuit pour voir s'il n'y a pas des circuits ouverts ou de mauvaises connexions.

6. Vérifier la mise à la terre du luminaire.

7. Remplacer le ballast.

8. Si les lampes font défaut prématurément, vérifier les points suivants :

   a. Lampes brisées. Vérifier l'ampoule externe pour voir si elle ne présente pas des fissures ou des égratignures. Les fissures ou les égratignures peuvent résulter d'une manipulation brutale, du contact avec les surfaces métalliques d'un changeur d'ampoules ou du luminaire ou d'eau tombant sur une ampoule surchauffée.

   b. Contact entre l'ampoule et le luminaire, la douille de lampe ou une autre surface rigide.

9. Si le tube à arc est fissuré, noirci ou dilaté après un temps de fonctionnement réduit ou si les fils à l'intérieur de l'ampoule externe sont endommagés, vérifier les points suivants :

   a. *Fonctionnement en surpuissance*. Vérifier la valeur nominale du ballast et la tension aux bornes du ballast et s'assurer que la prise appropriée du ballast est utilisée.

   b. *Surintensité*. Vérifier si le ballast n'est pas court-circuité. Vérifier si la ligne d'alimentation ne présente pas des surtensions ou des transitoires.

Attention : Ne pas remplacer l'ampoule avant que le circuit soit vérifié et que la cause du dérangement soit éliminée.

Conseils de maintenance

1. Si des ballasts à prises sont utilisés, s'assurer que la prise connectée correspond à la tension d'alimentation du ballast. Les sous-tensions entraînent un rendement lumineux réduit, une mauvaise maintenance du flux lumineux et une durée de vie réduite. Les surtensions causent une durée de vie réduite.

2. Le circuit doit être raisonnablement exempt de fluctuations. Les ballasts de rechange doivent être adaptés à la tension, à la fréquence et au type de lampe en cause.

3. Le type de lampe utilisé doit être adapté au ballast installé. Une mauvaise adaptation des lampes aux ballasts risque de réduire la durée de vie des lampes et d'entraîner un cycle d'allumage et d'extinction répété.

4. Manipuler les lampes soigneusement afin d'éviter de les briser.

Lampes à sodium à haute pression

Dépannage

1. Suivre les étapes 1 à 6 de la rubrique "Lampes à mercure".

Tableau 5.13.4 **Dépannage des systèmes d'éclairage** (suite)

2. Si une lampe fait défaut prématurément ou si les lampes continuent de faire défaut prématurément dans des conditions de fonctionnement semblables ou dans le même luminaire, vérifier les points suivants :

   a. Voir l'étape 7a de la rubrique "Lampes à mercure".
   b. Une décoloration excessive du tube à arc ou un dépôt métallique sur les parois intérieures de l'ampoule externe peuvent indiquer un fonctionnement en surpuissance. Voir les étapes 3, 4 et 5 de la rubrique "Dépannage" portant sur les lampes à mercure. De plus, il se peut que des éléments de ballast aient fait défaut (condensateur court-circuité ou enroulements de noyau court-circuités).

3. Les lampes à sodium à haute pression ont besoin d'un amorceur. Si la lampe ne s'amorce pas, même si elle est remplacée par une lampe en bon état de fonctionnement, il faut déterminer si l'amorceur ou le ballast ou les deux sont défectueux. S'assurer d'abord que la tension de ligne appropriée se présente à l'entrée du ballast. Obtenir un testeur de ballast d'un fabricant de ballasts et suivre les instructions inscrites sur le testeur pour isoler le défaut.

Conseils de maintenance

1. Suivre les étapes 1 à 4 de la rubrique "Lampes à mercure".

2. Les lampes à sodium à haute pression présentent un vide dans l'espace compris entre le tube à arc et l'ampoule externe. Manipuler ces lampes avec soin car les lampes à vide font un grand bruit d'implosion lorsqu'on les laisse tomber et que le verre se brise.

3. Si l'ampoule externe se brise en fonctionnement, il n'y a pas de rayonnement ultraviolet.

Attention : Pour éliminer le risque de choc électrique, toujours couper l'alimentation avant de retirer ou de poser des lampes. Cette exigence est particulièrement importante lorsqu'on retire des lampes qui peuvent avoir une ampoule externe fissurée ou brisée. À moins qu'on n'ait coupé l'alimentation, les parties métalliques exposées de la structure interne de la lampe sont sous tension, et si l'on y touche, on risque de subir un choc électrique.

Tableau 5.13.4 **Dépannage des systèmes d'éclairage** (suite)

PHASE III : ÉTUDE DE LA MAINTENANCE DE L'ÉCLAIRAGE

Matériel : sonde thermique, multimètre, luminancemètre, luxmètre et un appareil Polaroid

Cette phase se base sur les données fournies par les phases I et II, mais comprend aussi des mesures et techniques d'évaluation plus précises. Elle porte sur les paramètres suivants :

a. analyse quantitative et qualitative de l'alimentation électrique de tous les systèmes d'éclairage principaux. On vérifie si les résultats sont conformes aux normes de rendement pertinentes (voir annexes 5.3 et 5.6) et aux exigences de fonctionnement recommandées par le fabricant;
b. facteur de puissance;

c. analyse des éléments des luminaires à la recherche de traces de détérioration mécanique, thermique, chimique ou autre. Cette analyse doit être effectuée au moyen d'une inspection visuelle attentive suivie d'essais particuliers pertinents généralement effectués par un laboratoire d'essais indépendant accrédité (voir annexe 5.15 pour une liste). Voici certains des problèmes qu'on peut rencontrer :

- détérioration des douilles (mauvais contact, fragilité, amorçage d'arc, éléments desserrés, mauvais montage ou montage desserré)
- détérioration du câblage (traces de grillage, connexions desserrées, mauvais ancrage, absence de mise à la terre ou mise à la terre défectueuse)
- détérioration des surfaces (traces d'usure et de dégradation due aux ultraviolets des surfaces de réflexion, de transmission et de réfraction, fatigue thermique, mécanique, structurale ou autre des matériaux, nuisant au rendement du luminaire)
- problèmes de ballast : surchauffe, mauvaise adaptation à la lampe commandée (mauvaise installation ou mauvais emplacement)
- problèmes de lampe : mauvais angle de montage; support de tube à arc inapproprié ou inadéquat surtout dans le cas des lampes de 1000 watts à décharge à haute intensité et des longues lampes à sodium à basse pression; épuisement dû à la fin de vie économique (se définit comme le point au–delà duquel il est plus économique de remplacer la lampe qui est encore en état de fonctionnement que de la garder); mauvaise adaptation à l'appareillage de commande; conditions de service inappropriées; luminaire inapproprié en raison de la taille du réflecteur ou de son type ou de la répartition de la lumière qui en résulte
- appareillage de commande, allant du simple interrupteur mural à la commande complexe par ordinateur. Ici, il faut vérifier la capacité de chaque élément à fonctionner conformément aux spécifications du fabricant et à satisfaire aux besoins de l'occupant de l'espace en cause. Les spécifications du fabricant et les besoins de l'occupant devraient concider, mais souvent il n'en est pas ainsi et ce pour de nombreuses raisons; une de ces raisons est le changement dynamique de l'espace à bureaux et une autre est l'absence d'un programme de maintenance de l'éclairage bien coordonné et planifié qui comprend un programme de maintenance préventive des lampes, des ballasts et de l'appareillage de commande qui prévoit des opérations de maintenance dûment enregistrées et basées sur l'optimisation des paramètres économiques et techniques.

REMARQUE : Les études physiques peuvent exiger des mesures ponctuelles de température, de tension, de courant, de puissance, de facteur de puissance, d'éclairement ou de luminance pour déterminer les écarts des valeurs cibles prévues. Un contrôle à long terme peut également être nécessaire pour mieux évaluer les aspects dynamiques des activités dans l'immeuble.

5.14 VÉRIFICATION DE LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE

On effectue une vérification de la consommation d'énergie pour déterminer la charge connectée totale et sa répartition dans l'immeuble et pour estimer avec le plus de précision possible le profil énergétique annuel.

Il y a de nombreux systèmes de gestion d'énergie informatisés sur le marché, allant des systèmes très simples aux systèmes les plus sophistiqués. Ils analysent tous la charge d'éclairage comme une des nombreuses données d'entrée de puissance/énergie et exigent donc une base de données fondamentale liée à l'éclairage, à son utilisation, à sa commande et à son coût.

La présente annexe indique seulement les données nécessaires pour une vérification de la consommation d'énergie et décrit une façon systématique de les collecter. Nous renvoyons le lecteur aux documents D04 à D07 de cette série.

VÉRIFICATIONS SUR LE TERRAIN

Instruments et matériaux : luxmètre, multimètre, tarifs et factures d'électricité, jeu de schémas électriques de format réduit de l'ouvrage fini, liste de tous les luminaires avec leur puissance nominale.

1. Identification de la puissance nominale

   Il s'agit d'introduire dans un tableur l'information suivante :

   a. type, marque et emplacement des luminaires;
   b. puissance nominale des luminaires (y compris les pertes dans les ballasts s'il y a lieu);
   c. puissance supplémentaire requise en raison du vieillissement (jusqu'à 25 % pour les lampes à sodium à basse pression, 20 % pour les lampes à sodium à haute pression, 15 % pour les lampes aux halogénures);
   d. soumettre l'information au spécialiste en énergie dans les immeubles pour analyse.

REMARQUE : Les pratiques de conservation d'énergie, comprenant le débranchement de lampes, le recâblage de luminaires, l'utilisation delampes de puissance réduite et l'utilisation d'autres dispositifs réduisant la consommation d'énergie, doivent être observées avec soin et être consignées et utilisées dans les calculs de la puissance d'éclairage et la charge d'énergie totales. Dans ce contexte, l'identification des lampes défectueuses peut ne pas être aussi importante que dans le cas de la maintenance de l'éclairage (annexe 5.13), puisqu'il s'agit habituellement d'une très petite charge.

2. Zones d'éclairage opérationnelles

   Identifier les groupes de luminaires qui sont utilisés selon les besoins locaux. Effectuer les opérations suivantes :

   a. Repérer et marquer sur les plans toutes les zones d'éclairage (des espaces intérieurs et extérieurs).

b. Déterminer la charge connectée totale de chaque zone et l'inscrire sur une liste à côté du code d'identité de la zone (p. ex. zone LP2A–9 [2 560 watts], ce qui veut dire zone d'éclairage commandée par le panneau d'éclairage du deuxième étage, LP2, aile A, circuit n° 9, charge totale 2 560 watts).

c. Estimer le temps de connexion annuel de chaque zone d'éclairage, tout en montrant les profils types quotidiens et hebdomadaires ainsi que les profils inhabituels (p. ex. exigences de temps supplémentaire et d'entretien général). Les bureaux privés peuvent être groupés ensemble selon les horaires fixes communs.

d. Indiquer la mesure dans laquelle le niveau d'éclairage de chaque zone répond aux exigences des tâches visuelles (voir annexe 5.9 pour les classes de tâches visuelles).

e. Indiquer si les zones d'éclairement correspondent aux zones de travail pour lesquelles elles étaient conçues. Indiquer aussi les emplacements des décalages éventuels.

f. Estimer le profil d'occupation de chaque zone d'éclairage pour toute l'année.

g. Soumettre l'information collectée au spécialiste en vérification de la consommation d'énergie dans les immeubles pour analyse.

REMARQUE : Lorsqu'on effectue des vérifications de la consommation d'énergie portant sur les charges d'éclairage seulement, on est tenté d'utiliser les données collectées ci–dessus pour produire d'abord des profils de charge connectée et de consommation d'énergie pour l'immeuble complet et de proposer ensuite des solutions de mise à jour basées exclusivement sur ces données. Cette méthode est fausse car le système d'éclairage est une source notable de chaleur et comme telle constitue une partie intégrante du système CVCA. Toute analyse de ce genre doit tenir compte de tous les systèmes touchés de l'immeuble.

CRÉATION D'UNE BASE DE DONNÉES

De nombreuses régions de TPC possèdent déjà une base de données d'immeubles, qui montrent les profils de consommation d'énergie de nombreux immeubles dans leur juridiction. Chaque vérification de la consommation d'énergie peut augmenter cette base de données et fournir de l'information plus récente sur les tendances de gestion de l'énergie dans les immeubles.

Ce fichier de données peut être agencé de façon à fournir rapidement les profils des charges et de la consommation d'énergie d'immeubles selon le type de construction, les caractéristiques d'isolation et de pénétration de la lumière du jour, les méthodes de chauffage et de refroidissement, l'utilisation par le client et de nombreux autres facteurs.

Plusieurs experts–conseils privés en vérification de la consommation d'énergie possèdent de tels fichiers et les mettent à jour continuellement afin d'offrir des prévisions plus précises à leurs clients.

OUTILS ANALYTIQUES INFORMATIQUES

Des outils analytiques informatiques sont disponibles tant pour le secteur privé que pour le secteur public. Dans ce contexte, nous ne faisons pas de recommandations particulières. Cependant, il est à noter que la précisionde ces outils pour l'évaluation de l'énergie d'éclairage dépend grandement de la précision de l'évaluation des profils d'occupation des immeubles et de l'évaluation des niveaux d'éclairage requis.

5.15 RAPPORTS PHOTOMÉTRIQUES, LISTE DE LABORATOIRES

INTRODUCTION

Les essais photométriques sont habituellement effectués par des laboratoires d'essais indépendants, mais à l'occasion ils peuvent être effectués à l'interne. Il ne devrait pas y avoir beaucoup de différence entre les deux, sauf que les laboratoires indépendants ont moins de problèmes de conflit d'intérêt et permettent la mesure d'un plus grand nombre de données photométriques et c'est pour cela qu'ils sont généralement préférables. Dans un laboratoire, les données photométriques sont obtenues dans des conditions normalisées particulières de température, de tension, d'intensité, etc., qui ne représentent pas les conditions de fonctionnement types sur le terrain. Certains laboratoires sont équipés pour simuler de très près le milieu réel sur demande. On effectue habituellement des essais photométriques pour vérifier qu'un luminaire particulier fonctionne conformément aux spécifications du fabricant.

Aux fins de la présente annexe, les essais photométriques portent exclusivement sur des luminaires représentatifs des systèmes d'éclairage installés. L'échantillon est choisi sur le terrain, remplacé par un rechange et envoyé à un laboratoire d'essais indépendant pour des essais photométriques exhaustifs.

RAPPORTS PHOTOMÉTRIQUES DE PHASE I

Les catalogues de produits d'éclairage renferment normalement quelque forme de rapport photométrique de base. Il s'agit de résumés de rapports complets, mais un grand nombre comportent suffisamment de données pour permettre une évaluation initiale du luminaire. L'analyse technique doit être effectuée selon les étapes suivantes :

a. Collecter les données photométriques de chaque luminaire à l'étude.
b. Vérifier que les luminaires installés, leurs fiches techniques en dossier et les données de catalogue concordent. Dans le cas contraire, isoler le problème et prendre les mesures nécessaires. Souvent, les luminaires importés ne sont pas construits suivant les mêmes spécifications que les produits nationaux mais sont accompagnés du même rapport photométrique. Tenir compte de cette possibilité, car de grandes différences de performance peuvent en résulter.
c. Si les données disponibles sont insuffisantes, demander un jeu complet de données photométriques (le fabricant doit les avoir).
d. Vérifier que les conditions ambiantes et de service sont conformes aux spécifications du luminaire (voir annexe 5.6).
e. Signaler tout problème au gérant d'immeuble de TPC pour qu'il puisse faire les démarches appropriées. Ces démarches peuvent consister à passer à la phase II ou à demander des explications au fabricant ou les deux.

RAPPORTS PHOTOMÉTRIQUES DE PHASE II

Cette phase exige l'élaboration d'un nouveau rapport photométrique soit pour vérifier la dépréciation du luminaire existant avec le temps, soit pour vérifier la performance réelle de luminaires installés.

Respecter les instructions suivantes :

a. Repérer des luminaires types en vue de leur dépose et de leur expédition subséquente à un laboratoire d'essais; demander au fabricant de fournir les rapports photométriques connexes (ils doivent être identiques aux rapports en dossier).
b. Indiquer le type de rapport photométrique requis (d'habitude rapport photométrique complet).
c. Indiquer aussi les caractéristiques ambiantes et de service principales et demander les facteurs de correction.
d. Envoyer le luminaire "tel quel" au laboratoire sans compter sur son retour en état de fonctionnement.
e. Comparer les données photométriques en dossier avec les nouvelles données à la recherche de différences importantes. Ces différences se trouvent normalement dans les dimensions du luminaire, les types de ballast, de réflecteur, de diffuseur et de fini utilisés. Des différences entre les rapports photométriques dues au vieillissement donnent une valeur globale du rendement normalisé du luminaire. Des différences entre des rapports portant sur les mêmes luminaires neufs peuvent indiquer des problèmes d'installation.

RAPPORTS PHOTOMTRIQUES DE PHASE III

Cette phase a pour but d'évaluer les luminaires prototypes. Des modèles matériels peuvent être produits sur place ou on peut demander au laboratoire d'essais indépendant de le faire.

Des modèles informatiques ne peuvent être procurés que par le laboratoire et ils servent d'outil d'étude préliminaire. Respecter les recommandations suivantes :

a. Embaucher un expert–conseil compétent ayant de bons antécédents dans ce domaine.
b. Demander à un expert–conseil de préparer un jeu de spécifications définissant les exigences photométriques du luminaire.
c. Passer à la modélisation sur le terrain pour s'assurer que les luminaires proposés sont acceptables.
d. Envoyer le modèle à un laboratoire d'essais indépendant pour évaluation. Fournir toutes les caractéristiques nécessaires du matériel, les paramètres ambiants et de fonctionnement et toutes les autres données nécessaires.
e. valuer la photométrie en ce qui concerne l'utilisation du luminaire, la quantité et la qualité de la lumière à fournir, la souplesse de commande et d'installation, les paramètres mécaniques et électriques, l'homologation ACNOR, les questions de maintenance, d'esthétique et de coût.

LISTE DE LABORATOIRES D'ESSAIS INDÉPENDANTS

La liste suivante offre un grand choix de compagnies effectuant des essais photométriques. L'information fournie doit être utilisée comme ligne directrice. Communiquer directement avec les compagnies pour les services offerts et les coûts actuels.

Laboratoires américains existants

Nous donnons ici les noms et adresses de six laboratoires d'essais indépendants américains :

1. Building Acoustics & Lighting Laboratories Inc.
   1618 Headland Drive
   Fenton (Montana) 63026

2. Detroit Testing Laboratories
   8720 Northend Avenue
   Oak Park (Michigan) 48237

3. Environmental Research Laboratories (ERL)
   7410 East Helm Drive
   Scottsdale (Arizona) 85260

4. Independent Testing Laboratories (ITL), Inc.
   3386 Longhorn Rd.
   Boulder (Colorado) 80302

5. Lighting Sciences Inc.
   7730 East Redfield Rd.
   Scottsdale (Arizona) 85260

6. Lighting Sciences Canada Ltd.
   440 Philip St., Unit 19
   Waterloo (Ontario) N2L 5R9

5.16 ÉTUDES ASSISTÉES PAR ORDINATEUR ET PAR MODÉLISATION

INTRODUCTION

Les techniques de conception assistée par ordinateur et les techniques de modélisation sont les meilleures méthodes pour étudier les nombreux aspects de l'environnement lumineux.

Il y a une abondance d'outils pour les deux types de techniques, ce qui justifie notre choix des plus courants seulement.

La présente annexe traite les techniques de conception assistée par ordinateur séparément des techniques de modélisation.

1. Techniques de conception assistée par ordinateur

La liste ci-dessous énumère les programmes informatiques dont nous suggérons l'utilisation en raison de leur performance globale (disponibilité, coût, exigences de matériel, techniques de calcul, souplesse, convivialité, etc.). Les programmes accompagnés d'un astérisque(*) sont disponibles par l'intermédiaire de la division du Génie électrique, SAG, TPC (AC) à Ottawa.

Programmes disponibles à l'Administration centrale

Éclairage naturel	Énergie
*Fenestra	DOE-2.1B,-2.1C
*Daylite	Blast
*Controlite	Merryweather
*Sky Component	
*Cadlight I	À l'essai
Éclairage électrique	Lecam-Crew-Micro (nouvelle version)
*Cadlight II	Universel
*CGE Retrofit	
*Micro-Cost-Lite	Photometric Converter
*Lumen Micro	(1987-88 seulement)
*Micro-Site-Lite (version limitée)	
*Flux	
*Lecam	
*Crew	
*Photometric Data Base (demander au TPC, Ottawa)	

Programmes commerciaux

Les autres sont disponibles dans le commerce chez divers vendeurs. Pour de plus amples détails, communiquer avec la division du Génie électrique, SAG, TPC (AC) à Ottawa.

* disponible de TPC, Ottawa.

Éclairage naturel
Microlite 1.0 de Designers Software Exchange, M.I.T., Cambridge, Massachusetts;
Daylite 1.0 de SolarSoft, 1406 Burlingame Ave., Suite 31, Burlingame, CA 94010;
Lumen III de Lighting Technologies, 3060 Walnut St., Suite 209, Boulder, CD 80301;
Lumen $ de Lighting Technologies, 3060 Walnut St., Suite 209, Boulder, CD 80301;
Lumen-Point CAD de Lighting Technologies, 3060 Walnut St., Suite 209, Boulder, CD 80301;
Lumen-Point de Lighting Technologies, 3060 Walnut St., Suite 209, Boulder, CD 80301;
Superlite 1.0 de Windows & Daylight Group, LBL, University of California, Berkeley, CA 94720;
Micro-Site-Lite de Lighting Sciences Inc., 7830 E. Evans Rd., Scottsdale, AZ 85260;
Micro-Site-Lite avec numériseur de Lighting Sciences Inc., 7830 E. Evans Rd., Scottsdale, AZ 85260.

Pour de plus amples renseignements, voir le document annuel de l'IESNA à la revue "Lighting Design & Application Magazine".

TECHNIQUES DE MODÉLISATION

Des modèles matériels conviennent bien pour procurer des prédictions précises des niveaux d'éclairage et de la répartition du flux lumineux dans les espaces intérieurs.

Des modèles d'évaluation de l'éclairage peuvent reproduire exactement l'espace pleine échelle de l'immeuble à condition qu'on respecte les règles suivantes :

- Les facteurs de réflexion du modèle doivent être les mêmes que ceux de l'environnement réel.
- Le facteur de transmission du matériau de vitrage doit être le même que celui du vitrage proposé.
- La taille des éléments architecturaux et d'aménagement doit respecter les proportions de l'environnement réel.
- La répartition de la lumière du jour du modèle doit reproduire avec précision les conditions sur le terrain.
- Les photocellules doivent être à correction colorimétrique et cosinusodale et leur taille doit être petite par rapport au modèle (en d'autres termes, utiliser des capteurs photovoltaques au silicium).

Voici les avantages principaux de l'utilisation de modèles :

- prédiction exacte des aspects quantitatifs, même avec des modèles grossiers;
- prédiction exacte des aspects qualitatifs, si la texture des matériaux est proportionnellement la même;
- facilité de construction et d'utilisation puisqu'ils sont familiers à la plupart des concepteurs.

Les modèles matériels peuvent être utilisés avec efficacité sous un ciel réel (de préférence sous un ciel couvert normalisé CIE) ou sous un ciel artificiel.

La condition de ciel réel (ciel couvert normalisé CIE) présente une situation d'essai relativement stable, mais on ne s'attend pas à ce que la précision soit supérieure à 15 %, ce qui est acceptable pour la plupart des applications pratiques.

La condition de ciel artificiel offre un environnement contrôlé où l'on peut mener des essais avec plus de soin et de confiance. Cependant, la précision des résultats dépend de la précision de la reproduction du ciel, de la reproduction de l'arrière-plan et du rapport entre le modèle et l'environnement de ciel artificiel.

Au Canada, l'université Concordia à Montréal et l'université de la Nouvelle-Écosse ont les seuls ciels artificiels qui fassent appel à des boîtes à miroirs.

De meilleurs ciels artificiels sont disponibles aux États-Unis (p. ex. au Lawrence Berkeley Laboratory).

5.17 LISTE DES DOCUMENTS ÉVALUANT LE RENDEMENT DES IMMEUBLES

Dans cette série, les documents sont subdivisés en quatre classes différentes. Les documents de classe A donnent des explications à savoir comment utiliser les documents des trois autres classes. La classe B est un répertoire d'essais lequel inclut un index et des références. Les documents de classe C donnent un compte rendu des trois domaines d'évaluation et résument les documents de classe D dans leur domaine respectif. Les documents de classe D contiennent une description des attributs du rendement des immeubles et donnent les méthodes pour les évaluer.

	A1	Guide du directeur de projet
	A2	Guide du gérant d'immeuble
	B1	Répertoire d'essais
Relevés	C1	Rendement énergétique et environnemental
	C2	Rendement fonctionnel
	C3	Rendement des systèmes et du matériel
Rendement énergétique et environnemental	D01	Évaluation des polluants
	D02	Migration de la pollution
	D03	Évaluation de l'ambiance thermique
	D04	Évaluation globale: rendement énergétique
	D05	Évaluation des secteurs de consommation: rendement énergétique
	D06	Évaluation des installations et systèmes: rendement énergétique
	D07	Évaluation des améliorations: rendement énergétique
	D08	Évaluation de l'environnement acoustique
	D09	Évaluation de la circulation d'air
	D10	Évaluation de l'éclairage
	D11	Relevé des données atmosphériques
Rendement fonctionnel	D20	Analyse des documents et archives
	D21	Annotation des plans
	D22	Entrevues centrées
	D23	Questionnaires
	D24	Observations
Rendement des systèmes et du matériel	D30	Murs et colonnes structuraux: relevé de la condition
	D31	Dalles et toîts structuraux: relevé de la condition
	D32	Garages de stationnement: relevé de la condition
	D33	Évaluation des installations mécaniques
	D34	Évaluation des contrôles mécaniques
	D35	Évaluation des systèmes électriques
	D36	Contrôle de la pression et de l'étanchéité à l'air
	D37	Mesure de la vitesse d'échange d'air extérieur
	D38	Inspections par thermographie de l'enceinte d'un immeuble
	D39	Mesure de la résistance thermique
	D40	Inspections de la teneur en humidité
	D41	Évaluation des systèmes de couvertures